

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Rita de Cássia Cerqueira Gomes

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE AMBIENTES
DE VIDEOCONFERÊNCIA: UM ESTUDO DE
CASO

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Prof. Paulo José de Freitas Filho, Dr.

Florianópolis, março de 2002.

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE AMBIENTES DE VIDEOCONFERÊNCIA: UM ESTUDO DE CASO

Rita de Cássia Cerqueira Gomes

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação Área de Concentração Sistemas de Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

Prof. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Banca Examinadora:

Prof. Paulo José de Freitas Filho, Dr. (Orientador)
Presidente da Banca

Profa. Elizabeth Sueli Specialski, Dra.
Membro da Banca

Prof. Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.
Membro da Banca

Este trabalho é dedicado:

Aos meus pais José Ramos Gomes e Celia Maria Cerqueira Gomes,
meus irmãos Débora e José Eduardo e a minha sobrinha Thabata Chris,
pelo estímulo, amor, carinho, apoio e compreensão
oferecidos durante a realização deste trabalho.

A todos os seres humanos ávidos de conhecimentos,
espera-se que encontrem nesta temática trabalhada alguma contribuição.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, onde sempre busquei força e ajuda para superar os obstáculos enfrentados.

Manifesto a minha sincera gratidão ao orientador Prof. Paulo José de Freitas Filho pelo acompanhamento pontual, estímulos, pacientes revisões e sábias sugestões que contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus familiares, pelo apoio e carinho a mim dispensados.

Ao Prof. Gustavo Augusto Lima de Campos, ao Prof. João Bosco da Mota Alves e a Cristiane Raquel Brasil Lougon Cordeiro, pela disposição, paciência, incentivos e valiosas sugestões.

A todos os funcionários da Universidade Federal de Santa Catarina e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) os quais trabalharam para a concretização deste Curso, pela dedicação.

A todos os professores e colegas deste Curso de Pós-graduação, ao Prof. Fernando José Spanhol do Laboratório de Educação a Distância e ao Prof. Paulo Ogliari da UFSC, pelas contribuições, pelos conhecimentos compartilhados, pelas novas idéias surgidas e, principalmente, pelos apoios e incentivos.

Ao Diretor do CEFET-PA, Sérgio Cabeça Braz, pelo apoio concedido desde o início do Curso e também aos funcionários desta instituição, em especial ao Francisco Solano Rodrigues Neto e Ricardo José Cabeça de Souza, pelo fornecimento de informações necessárias à concretização deste estudo.

Ao Diretor do Centro de Ensino Superior do Pará (CESUPA), Sérgio Fiuza de Mello Mendes, a todos os seus funcionários e a Conceição Rangel Fiuza de Mello, pela dedicação prestada para a realização deste Curso.

Aos amigos Fernando Gomes da EMBRATEL, Afonso Cardoso da EMBRAPA e Patrick Ferreira da TELEMAR, pelos conhecimentos técnicos e disposição em ajudar.

Ao José Scaff Filho, pela ajuda desprendida durante um dos momentos mais difíceis.

Ao Gilberto Neves Sudré Filho da UNITERA e Fábio Fruch da TES pelas informações prestadas e arquivos enviados.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa, meu profundo sentimento de gratidão.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
 CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO.....	 1
1.1 Motivação.....	2
1.2 Problema a Ser Tratado.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Organização do Trabalho.....	4
 CAPÍTULO 2: REVISÃO DE LITERATURA.....	 6
2.1 Conceito de Videoconferência.....	6
2.2 Necessidade de Largura de Banda.....	7
2.3 Classificação.....	7
2.4 Equipamentos.....	13
2.5 Características do Tráfego das Mídias e Requisitos de Comunicação.....	15
2.5.1 Características do Tráfego das Mídias.....	15
2.5.2 Requisitos de Comunicação.....	17
2.5.3 Mídias.....	20
2.6 Padrões de Formato de Vídeo Analógico.....	25
2.7 Padrões de Formato de Quadro de Vídeo Digital.....	28
2.8 Meios de Transmissão.....	28
2.9 Resumo do Capítulo.....	30
 CAPÍTULO 3: MÉTODOS DE COMPRESSÃO, PROTOCOLOS E PADRÕES.....	 31
3.1 Métodos de Compressão e Descompressão de Dados.....	32
3.1.1 Métodos de Codificação por Entropia.....	34
3.1.2 Métodos de Codificação na Origem.....	35
3.1.3 Métodos de Compressão de Vídeo.....	38
3.1.3.1 Principais Padrões de Digitalização e Compressão de Imagens.....	40
3.1.4 Métodos de Compressão de Áudio.....	44
3.1.4.1 Principais Padrões de Digitalização e Compressão de Áudio.....	47
3.2 Protocolos de Tempo Real.....	48
3.2.1 RTP (<i>Real Time Transport Protocol</i>).....	49
3.2.2 RTCP (<i>Real Time Control Protocol</i>).....	50
3.2.3 RSVP (<i>Resource Reservation Protocol</i>).....	51
3.2.4 RTSP (<i>Real Time Streaming Protocol</i>).....	52
3.3 Padrões de Videoconferência.....	52
3.4 Resumo do Capítulo.....	56

CAPÍTULO 4: METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE AMBIENTES DE VIDEOCONFERÊNCIA.....	58
4.1 Qualidade de Serviço (<i>Quality of Service</i> - QoS).....	61
4.2 Metodologia para Avaliação de Desempenho e Planejamento de Capacidade.....	64
4.2.1 Compreensão do Ambiente.....	64
4.2.2 Compreensão e Caracterização da Carga de Trabalho.....	65
4.2.2.1 Definição da Perspectiva de Análise.....	65
4.2.2.2 Identificação dos Componentes Básicos.....	66
4.2.2.3 Definição do Conjunto de Parâmetros que Melhor Caracterizem a Carga.....	66
4.2.2.4 Monitoração e Coleta de Dados.....	66
4.2.2.5 Partição da Carga de Trabalho.....	67
4.2.2.6 Construção do Modelo de Carga.....	68
4.2.2.7 Validação e Calibração de Modelos de Carga.....	68
4.2.2.8 Previsão da Carga de Trabalho.....	69
4.2.3 Modelos e Previsão de Desempenho.....	69
4.2.3.1 Validação e Calibração do Modelo de Desempenho.....	71
4.2.4 Modelos e Previsão de Custos.....	72
4.2.5 Análise de Custo/Desempenho.....	72
4.3 Análise e Projeto de Experimentos.....	72
4.3.1 Tipos de Projetos Experimentais.....	74
4.4 Resumo do Capítulo.....	76
 CAPÍTULO 5: APLICAÇÃO DA METODOLOGIA - ANÁLISE DE UM ESTUDO DE CASO.....	 77
5.1 Compreensão do Ambiente de Videoconferência do Estudo de Caso.....	77
5.2 Compreensão e Caracterização da Carga de Trabalho.....	80
5.3 Modelo de Desempenho.....	81
5.4 Projeto Experimental e Análise dos Resultados.....	86
5.5 Modelos e Previsão de Custos.....	91
5.6 Resumo do Capítulo.....	92
 CAPÍTULO 6: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	 93
6.1 Recomendações.....	95
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 97
 ANEXO 1: PRODUTOS PARA VIDEOCONFERÊNCIA.....	 105
ANEXO 2: TABELAS COM OS EXPERIMENTOS DOS CENÁRIOS CRIADOS.....	116

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1: Videoconferência Ponto a Ponto.....	8
FIGURA 2.2: Videoconferência Multiponto.....	8
FIGURA 2.3: Videoconferência <i>Unicast</i>	9
FIGURA 2.4: Videoconferência <i>Multicast</i>	10
FIGURA 2.5: MBone na <i>Internet Não-multicast</i>	12
FIGURA 2.6: Grau de Conhecimento das Características do Tráfego de Diversos Tipos de Aplicações.....	16
FIGURA 2.7: Resoluções de Vídeo em Telas de 800 x 600 e 1024 x 768.....	28
FIGURA 3.1: Um Exemplo de Quantização Vetorial.....	37
FIGURA 4.1: Metodologia de Planejamento de Capacidade.....	61
FIGURA 5.1: Ambiente de Videoconferência para o Projeto do CEFET-PA.....	79

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1: Taxas de <i>Bits</i> de Aplicações de Áudio e Vídeo.....	18
TABELA 2.2: Sensibilidade dos Dados x Tipos de Dados.....	19
TABELA 2.3: Padrão NTSC.....	26
TABELA 2.4: Padrão PAL.....	27
TABELA 2.5: Padrão SECAM.....	27
TABELA 3.1: <i>Codecs</i> de Vídeo Existentes no Mercado.....	38
TABELA 3.2: Quadro Comparativo entre Padrões de Compressão de Vídeo.....	44
TABELA 3.3: Quadro Comparativo entre Padrões de Compressão de Áudio.....	48
TABELA 3.4: Padrões do ITU-T Série H para a Videoconferência e seus Respectivos Níveis de Qualidade.....	54
TABELA 4.1: Fatores <i>versus</i> Interação.....	74
TABELA 5.1: Tráfego Gerado pelo Vídeo sem Compressão (em <i>bits</i>).....	82
TABELA 5.2: Tráfego Gerado pelo Áudio com Compressão.....	83
TABELA 5.3: Faixas de Velocidade para o Cenário 1.....	84
TABELA 5.4: Faixas de Velocidade para o Cenário 2 - Horário Normal.....	84
TABELA 5.5: Faixas de Velocidade para o Cenário 2 - Horário de Pico.....	85
TABELA 5.6: Faixas de Velocidade para o Cenário 3 - Horário Normal.....	85
TABELA 5.7: Faixas de Velocidade para o Cenário 3 - Horário de Pico.....	85
TABELA 5.8: Projeto Fatorial Completo.....	87
TABELA A.1: Especificações Técnicas de Alguns Produtos da Polycom.....	107
TABELA A.2: Especificações Técnicas de Alguns Produtos da Philips e PictureTel.....	113
TABELA A.3: Experimentos do Cenário 1.....	116
TABELA A.4: Experimentos do Cenário 2 - Horário Normal.....	117
TABELA A.5: Experimentos do Cenário 2 - Horário de Pico.....	120
TABELA A.6: Experimentos do Cenário 3 - Horário Normal.....	122
TABELA A.7: Experimentos do Cenário 3 - Horário de Pico.....	125

RESUMO

GOMES, Rita de Cássia Cerqueira. **Avaliação de Desempenho de Ambientes de Videoconferência: Um Estudo de Caso.** 2002. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

A videoconferência é uma forma de intercomunicação pessoal que figura dentre as mais inovadoras surgidas nos últimos anos. Ela permite que pessoas distantes umas das outras realizem reuniões em tempo real, integrando recursos de multimídia, utilizando um simples computador pessoal ou modernos estúdios.

Este trabalho se propõe a analisar o comportamento de um ambiente de videoconferência, baseando-se em um projeto que será implantado em uma instituição de ensino, definindo os pontos críticos desse ambiente, e aplicando uma metodologia de avaliação de desempenho para determinar a melhor relação qualidade x custo através de testes de cenários de acordo com as necessidades dos usuários.

São apresentados alguns conceitos básicos necessários ao entendimento do estudo, a apresentação do projeto experimental, a descrição da teoria sobre análise de desempenho e os cenários onde serão utilizados os tráfegos propostos.

No final, são apresentadas as conclusões do trabalho, revisando os objetivos inicialmente propostos, os resultados alcançados e sugestões de temas para futuros trabalhos decorrentes deste.

Palavras-chave: Análise de Desempenho, Qualidade de Serviço, Videoconferência.

ABSTRACT

GOMES, Rita de Cássia Cerqueira. **Performance Evaluation of Videoconferencing Environments: A Case Study.** 2002. 127 p. Dissertation (Master's Degree in Computer Science) - Master's Degree Program in Computer Science, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis.

Videoconference is a form of personal intercommunication that figures between the most innovative appeared in the last years. It allows distant people each other carry through meetings in real time, integrating multimedia resources, using a simple personal computer or modern studios.

This study suggests to analyze the behavior of a videoconferencing environment, based on a design that will be established in an education institution, defining the critical points of this environment, and applying a methodology for performance evaluation to determine the best relation between quality x cost through tests of sceneries in accordance with users' necessities.

Some necessary basic concepts are presented for understanding of the study, and the presentation of the experimental design, the description of the theory about performance analysis and the sceneries where proposed traffics will be used.

In the end, conclusions of the work are presented, reviewing initial proposed objectives, the reached results and subject suggestions for future studies decurrent of this.

Key-words: Performance Analysis, Quality of Service, Videoconference.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Levando-se em conta o dilema de que pessoas com cada vez menos tempo disponível e cada vez mais necessidade de aprender, se aperfeiçoar e trocar informações entre si, é que empresas, hospitais e instituições de ensino públicas e privadas dedicam atenção crescente em educação a distância, conferência de negócios, telemedicina, etc. Pode-se notar esta preocupação através de:

- Projetos governamentais de qualificação do magistério para atender às exigências da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB);
- Iniciativas de empresas que visam aos mercados corporativo (cursos, reuniões, debates, palestras e conferências para empresas) e acadêmico (especializações através de convênios com universidades);
- Iniciativas de hospitais, clínicas e laboratórios que desejam trocar informações entre os médicos e fazer um acompanhamento ao vivo de pacientes remotos.

Existem várias tecnologias sendo utilizadas para dar suporte a esses requisitos e uma delas é a videoconferência.

Videoconferência é uma forma de comunicação interativa entre pessoas em locais separados com a finalidade de se comunicar em tempo real, geralmente envolvendo áudio, vídeo e até mesmo texto.

Os sistemas de videoconferência permitem que se trabalhe de forma cooperativa, compartilhando informações e materiais de trabalho. Proporcionam algumas vantagens, dentre elas:

- Economia de tempo, evitando o deslocamento físico para um local especial;
- Economia de recursos, com redução dos gastos com viagens;
- Redução de gastos com capacitação profissional;
- É mais um recurso de pesquisa, já que a reunião pode ser gravada e disponibilizada posteriormente.

Além destes aspectos, os *softwares* que apóiam a realização da videoconferência, em sua maioria, permitem, também, através da utilização de ferramentas de compartilhamento de documentos, como:

- Visualização e alteração dos documentos pelos integrantes do diálogo em tempo real;
- Compartilhamento de aplicações;
- Compartilhamento de informações (transferência de arquivos).

Para proporcionar as vantagens de uma videoconferência com boa qualidade, visando satisfação dos usuários e redução dos custos com instalação, implementação e manutenção, têm-se realizado pesquisas no âmbito de compressão de vídeo, de velocidade de transmissão, de infra-estrutura e de administração de largura de banda em ambientes como *Internet*, *Intranet*, Redes Metropolitanas, Redes de Longa Distância, entre outros.

O uso de uma metodologia de avaliação de desempenho se faz necessário quando se deseja analisar o desempenho de um sistema, existente ou em fase de elaboração, visando a melhor relação qualidade e custo de acordo com as necessidades dos usuários. Tem como objetivos principais: aumentar a eficiência do sistema e a utilização dos recursos, minimizar o custo de processamento e o tempo de resposta e fazer previsões de comportamento do novo sistema.

Este trabalho pretende abordar cada etapa da metodologia de avaliação de desempenho, empregada em um projeto de implantação de uma sala de videoconferência, em uma instituição de ensino.

1.1 Motivação

Há a necessidade de difundir o ensino e também aperfeiçoar profissionais, principalmente em áreas de difícil acesso e distantes dos grandes centros. Um exemplo dessa necessidade é a região Norte, com grande dimensão territorial, com suas cidades

distantes umas das outras e com poucos centros de educação. Além de que os centros educacionais por excelência estão concentrados nas regiões Sul e Sudeste.

Foi verificado que o uso de videoconferência seria uma opção de modo a possibilitar que uma grande quantidade de pessoas possa desfrutar de um ensino de qualidade, evitando o deslocamento físico para locais especiais tanto dos professores como também dos alunos, resultando em economia de tempo e de recursos e redução dos gastos com viagens e hospedagens, além da facilidade de poder gravar as reuniões/cursos e disponibilizá-los posteriormente.

No entanto, a falta de qualidade de serviço ofertado aos usuários da videoconferência pode acarretar na sua insatisfação e até na sua desistência. Dispor de uma rede com capacidade multimídia, implica num planejamento cuidadoso desse ambiente e, para tal, é necessário dispor de métodos e ferramentas apropriadas a fim de que os administradores tenham condições de tomar decisões, avaliando o atual ambiente e analisando as possibilidades dos diferentes projetos de videoconferência no atendimento às suas necessidades.

1.2 Problema a Ser Tratado

Um ambiente de videoconferência é muito importante para a divulgação do ensino em lugares de difícil acesso e distantes dos centros de educação e também para o contato entre empresas diferentes e entre suas filiais. Para que os usuários consigam trocar informações, o ambiente deve ser favorável, ou seja, possuir uma qualidade de serviço satisfatória e sem falhas, porém a infra-estrutura utilizada para trafegar as mídias de uma videoconferência pode vir a ser desfavorável, dependendo de como é utilizada.

A realização de uma videoconferência onde haja muitas falhas na transmissão pode causar insatisfação e até desistência por parte dos usuários de usar esse meio para propósitos de divulgação. Muitas dessas falhas (como, por exemplo, retardo na transmissão do áudio e vídeo, a imagem e o som desaparecem por uns instantes, imagem sem qualidade e o som sem nitidez) são devido à falta de um adequado dimensionamento da largura de banda utilizada, o compartilhamento das mídias de

áudio, vídeo e texto dentro da rede em tempo real e a falta de preocupação com a qualidade do serviço ofertado ao usuário.

1.3 Objetivos

Este trabalho apresenta os seguintes objetivos:

a) Geral

Analisar o comportamento do tráfego gerado pelas mídias (áudio e vídeo) utilizadas pela videoconferência, considerando diferentes cenários, visando uma qualidade de serviço satisfatória com relação ao custo e ao desempenho.

b) Específicos

- Descrever a infra-estrutura necessária para uma videoconferência;
- Caracterizar o ambiente identificando o tráfego gerado pelas mídias;
- Descrever os passos da metodologia de avaliação de desempenho;
- Aplicar a metodologia em um ambiente de videoconferência;
- Construir um modelo de desempenho do ambiente proposto;
- Aplicar uma técnica de análise de desempenho, utilizando diferentes cenários, para avaliar este ambiente;

1.4 Organização do Trabalho

O trabalho abordará o projeto de videoconferência que o Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado do Pará (CEFET-PA) está pretendendo implantar no Estado do Pará.

Nos Capítulos 2 e 3 é feita uma breve revisão a respeito de videoconferência, sendo apresentado o conceito de videoconferência, sua classificação, os principais

equipamentos e *softwares* utilizados, as características das mídias, a natureza do tráfego gerado por essas mídias, os principais meios de transmissão de dados, os métodos de compressão e os padrões de videoconferência, além de comentar sobre a necessidade da largura de banda.

No Capítulo 4 é descrita a teoria sobre a metodologia de avaliação de desempenho voltada para o ambiente de videoconferência. Entre os principais itens abordados, é destacada a importância da garantia da qualidade de serviço para a satisfação do usuário.

No Capítulo 5 é apresentada a aplicação da metodologia no projeto de videoconferência que o CEFET-PA está pretendendo implantar. É construído um modelo de desempenho e feita uma análise sobre os tráfegos gerados nos cenários criados.

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho e as recomendações para os trabalhos futuros decorrentes deste.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados o conceito, a classificação e os equipamentos utilizados numa videoconferência. Porém, para entender melhor o que é uma videoconferência e tentar utilizar esse recurso de uma forma adequada, analisando seu tráfego e projetando esse ambiente com custos baixos, é essencial atentar para a necessidade de largura de banda e entender as características de cada mídia gerada e os seus requisitos de comunicação, além dos meios de transmissão utilizados.

2.1 Conceito de Videoconferência

A videoconferência baseia-se na transmissão em tempo real de som (áudio) e imagem (vídeo) digitalizados, entre dois ou mais participantes, devidamente tratados por *softwares* e algoritmos de compressão, utilizando para isso um meio de transmissão de dados.

A União Internacional de Telecomunicações (*International Telecommunications Union* - ITU), órgão da Organização das Nações Unidas (ONU) responsável pela padronização dos sistemas de comunicação no mundo, possui um setor que controla os sistemas de telefonia e de comunicação de dados chamado de ITU-T (*International Telecommunications Union - Telecommunications Standardization Sector*) o qual, através da recomendação F.730 - *Videoconference Service General* de agosto de 1992 (*apud* OLIVEIRA, 1996, SPANHOL, 1999, ZANIN, 2000), define um serviço de videoconferência como: "um serviço de teleconferência audiovisual de conversação interativa que provê uma troca bidirecional, e em tempo real, de sinais de áudio (voz) e vídeo entre grupos de usuários em dois ou mais locais distintos".

O único recurso necessário além dos equipamentos dedicados é um meio de transmissão que permita um fluxo contínuo de dados a uma determinada velocidade. A transmissão pode ser feita através de linhas dedicadas, com acessos discados, e *links* de satélites, fibras ópticas, cabos ou microondas.

2.2 Necessidade de Largura de Banda

Largura de Banda é uma medida de quanto de informação pode trafegar numa rede de um lugar para outro em um determinado período de tempo. É determinada em função do meio de transmissão utilizado, dos protocolos, da distância entre nós intermediários e da velocidade de comutação nos nós intermediários.

A videoconferência é uma aplicação que se caracteriza pela geração de um tráfego heterogêneo de tipos de dados, como vídeo, voz e sinais de controle. Devido a sua natureza multimídia, a videoconferência é uma aplicação que demanda uma considerável largura de banda para que possam trafegar grandes quantidades de diferentes tipos de dados na rede. Desta maneira, possuir uma grande largura de banda disponível passa a ser uma característica desejável para a rede provedora desta aplicação.

Segundo o colunista Nelson Vasconcelos (VASCONCELOS, N., 2001) em uma reportagem sobre Virtual Expo 2001 - Seminário e Exposição de Interação Virtual: "A banda larga no Brasil caminha a passos lentos, mas é o futuro, especialmente por suas aplicações na área corporativa, educacional e de telemedicina. Com isso, devem entrar em alta, recursos como videoconferência, *videostreaming* e outras mídias interativas."

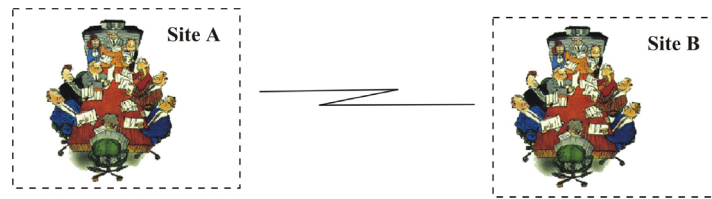
Enquanto a banda larga for uma opção ainda futurista e de custos elevados, o mercado dispõe de diversos métodos de compressão (os quais serão discutidos no próximo capítulo).

2.3 Classificação

Quanto à forma de realização de uma videoconferência, pode ser:

a) Ponto a Ponto

Quando é feita entre dois participantes, ou seja, conexão um-a-um.

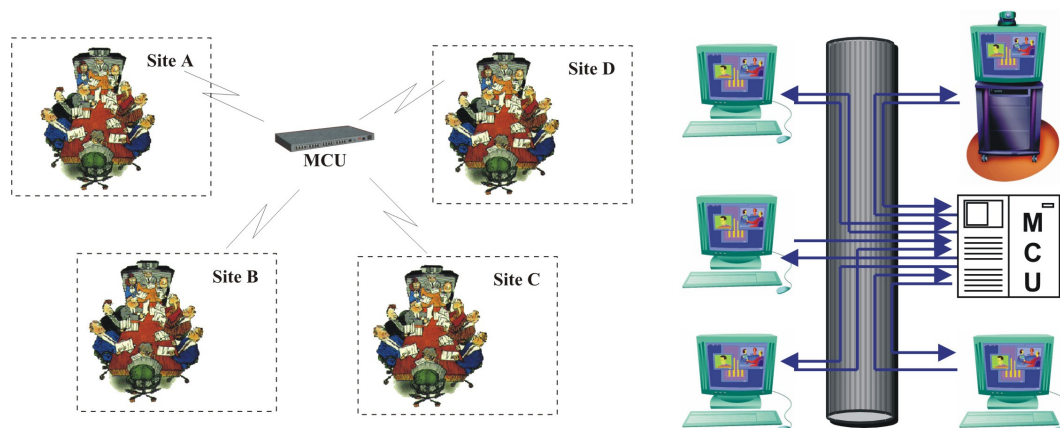
FIGURA 2.1: Videoconferência Ponto a Ponto.**b) Multiponto**

Quando um ponto central, ou seja, uma MCU (maiores detalhes no item 2.4) pode receber e enviar informações para três ou mais pontos utilizando o mesmo meio.

O cálculo da largura de banda no multiponto (LBM) é baseado na fórmula abaixo. Sendo que **N** é o número de terminais da conferência e **D** é a velocidade dos dados durante a conferência.

$$LBM = N * D * 2$$

Para uma velocidade de 384 Kbps, por exemplo, e **N** = 5 (ver Figura 2.2), observa-se que a largura de banda necessária ficaria em torno de 3,8 Mbps.

FIGURA 2.2: Videoconferência Multiponto.

Quanto à forma de envio de uma mesma mensagem para receptores diferentes (BORTOLUZZI, 1999, VARGAS et al., 1999), pode ser:

a) *Unicast*

Manda um número de mensagens igual ao de receptores, cada uma para os seus respectivos endereços.

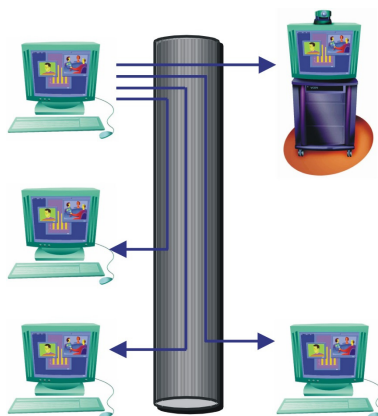
O cálculo da largura de banda no *unicast* (LBU) é baseado na fórmula abaixo. Sendo que **N** é o número de terminais da conferência e **D** é a velocidade dos dados durante a conferência.

$$LBU = (N - 1) * D$$

Usando o mesmo exemplo do multiponto para uma velocidade de 384 Kbps e **N** = 5 (ver Figura 2.3), observa-se que a largura de banda necessária ficaria em torno de 1,5 Mbps.

Uma desvantagem do *unicast* é em relação ao desempenho. Quando o número de terminais for muito grande, é exigido uma largura de banda extra para que a mesma informação possa ser transmitida várias vezes sobre um mesmo enlace compartilhado.

FIGURA 2.3: Videoconferência *Unicast*.



b) *Broadcast*

Envia a mensagem uma única vez para toda a rede e deixa a tarefa de descartá-la para todos aqueles que não estiverem interessados.

c) *Multicast*

Manda a mensagem uma única vez e conta com a ajuda do sistema de comunicação para entregá-la apenas aos receptores “sintonizados” nesse endereço, ou seja, aqueles que fazem parte da conferência.

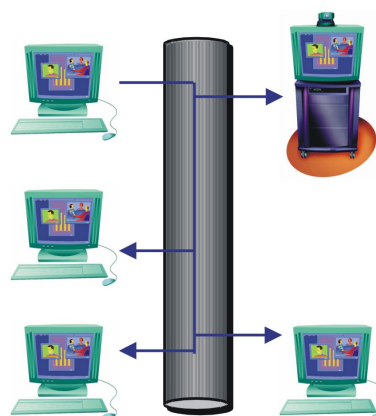
Pode ser de dois tipos:

- **Em grupo:** É uma conferência interativa onde todos os usuários que estão conectados podem enviar e receber áudio e vídeo. Os usuários da conferência fazem parte de um grupo que se conecta a um *software* servidor, cujo endereço do grupo é único (CARNEIRO, 2000).
- **Cybercast (ou Conferência One-Way):** Somente o criador da conferência pode enviar vídeo e áudio. Os demais podem ver e ouvir os dados enviados, mas não os podem enviar (CARNEIRO, 2000).

O cálculo da largura de banda no *multicast* é baseado somente na velocidade dos dados durante a conferência.

Ainda usando o mesmo exemplo do multiponto para uma velocidade de 384 Kbps e $N = 5$ (ver Figura 2.4), observa-se que a largura de banda necessária ficaria em torno de 0,4 Mbps, ou seja, 384 Kbps.

FIGURA 2.4: Videoconferência *Multicast*.



Esta é a melhor solução para distribuição do fluxo de dados multimídia, pois a fonte envia os dados apenas uma vez e a rede se responsabiliza pela transmissão desses dados para os vários destinos. A seguir, será descrita uma rede virtual que suporta *multicast*.

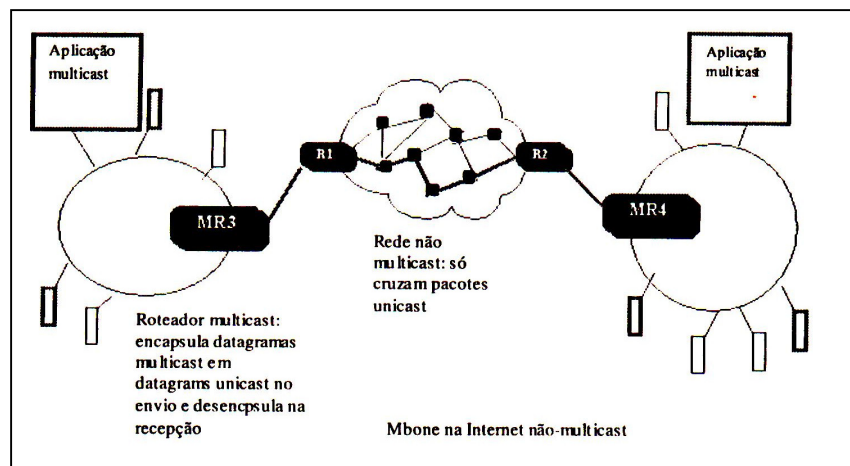
MBone (*Virtual Internet Backbone for Multicast IP* ou *Multicast Backbone*): É uma rede virtual que se utiliza da camada física da *Internet* para o envio e recepção de pacotes em tempo real, tais como áudio e vídeo. O MBone está em funcionamento desde o início de 1992. A *Internet* é uma rede essencialmente *unicast* e para difundir por toda a rede os pacotes das sessões de videoconferência foram implementados os protocolos IP *Multicast*.

O MBone é composto de sub-redes suportando *multicast* conectadas entre si através de caminhos de comunicação virtuais, conhecidos como túneis. Esses túneis são caminhos virtuais que estabelecem uma comunicação ponto a ponto entre roteadores, chamados *mrouters* (*multicast routers*). Roteadores que não suportam a forma de endereçamento *multicast* utilizam datagramas *multicast* encapsulados dentro de datagramas *unicast*. Sendo assim, a comunicação entre dois roteadores MBone é *unicast*, mas a comunicação entre um roteador MBone e a sub-rede em que ele está conectado é *multicast*. Para retransmitir dados do MBone para a sua sub-rede interna, o roteador utiliza um protocolo de roteamento *multicast* (BORTOLUZZI, 1999). Os túneis não têm existência física. Eles são definidos por tabelas em *mrouters* e podem ser acrescentados, apagados ou deslocados pela simples alteração da tabela.

Os programas que utilizam o MBone (como por exemplo: NV, VAT, SD, WB, etc.) rodam em sistemas operacionais *Unix* e se encontram disponíveis na *Internet*, sendo estes de domínio público (gratuito) (VARGAS et al., 1999).

A figura abaixo ilustra como é o MBone na *Internet*:

FIGURA 2.5: MBone na *Internet* Não-multicast.



Fonte: VARGAS, Carlos Luciano, et al. **Ferramentas e Serviços da Internet:** Emprego de Redes de Computadores na Educação. Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, maio 1999. 57 p.

Quanto ao tipo de videoconferência (VARGAS et al., 1999), pode ser:

a) Videoconferência Baseada em Estúdio (*Room Videoconference*)

Realizada em salas especialmente preparadas com modernos equipamentos de áudio, vídeo e *codecs* para fornecer vídeo e áudio de alta qualidade para reuniões, palestras, cursos, etc... Normalmente, as salas são projetadas para uma quantidade de mais ou menos 25 pessoas. Esta modalidade de videoconferência é composta, em sua grande maioria, por caros equipamentos proprietários de *hardware* e *software* e requer *links* de comunicação dedicados.

b) Videoconferência em Computadores Pessoais (*Desktop Videoconference*)

Pode ser realizada na própria casa do usuário ou no escritório. Em contraste com a videoconferência baseada em estúdio, esta é barata e, portanto, mais apropriada para o uso individual ou para pequenos grupos. Não requer *links* de comunicação dedicados, os *softwares* são encontrados gratuitamente na *Internet* e este tipo de videoconferência não exige gastos com equipamentos especiais (como, por exemplo, *codecs*). Alguns

softwares são exemplificados abaixo, sendo que maiores informações sobre estes e outros *softwares* estão em CARNEIRO (2000), MELO & CAVALCANTE (1999):

- **Microsoft NetMeeting:** Ferramenta para comunicação em tempo real desenvolvida pela *Microsoft*, permite comunicação entre indivíduos, em pares ou em grupos.
- **CU-SeeMe:** Oferece uma forma simples de videoconferência onde cada usuário conecta-se a outros usuários em uma sessão de *chat* pré-combinada. É um *software* de videoconferência da *White Pine* que atende o protocolo H.323. Pode ser usado em redes TCP/IP, onde existem computadores do tipo Windows/PC e Macintosh.

2.4 Equipamentos

Os equipamentos utilizados em cada ponto ou local para uma videoconferência estão descritos abaixo. Dependendo da forma como é realizada a videoconferência e da necessidade de cada usuário, alguns equipamentos podem ser considerados fundamentais ou auxiliares:

Câmera Principal: É a fonte de vídeo mais comum, que captura movimentos ao vivo de um ponto, para que sejam enviados a outro ponto em tempo real.

Câmera de Documentos: Câmera com recursos de *zoom* que tem como função principal capturar imagens de textos, fotos, gráficos e outros documentos que estão em papel e apresentá-los para uma audiência remota. É recomendado que a resolução mínima da câmera seja de 768 por 1024 *pixels*.

Codec (Compression and Decompression Components): É o equipamento responsável pela videoconferência de larga escala, ao reduzir a necessidade de grandes e caros *links* de telecomunicações. Forma abreviada de “compressão/descompressão”, trata-se de um conjunto de algoritmos (em *hardware* e/ou *software*) que realiza a função

de compactação e descompactação dos dados de áudio e vídeo. Existem quatro tipos de *codecs*:

1. *Codecs* com sistema operacional próprio (*set top*);
2. Baseados em micro - dedicados;
3. Baseados em micro - não dedicados (*desktops*);
4. Sistemas *stand alone* - *codec* externo.

Monitor: Televisor de onde se visualiza a audiência remota e, opcionalmente, a platéia local. Por essa razão deve apresentar dimensões razoáveis (no mínimo 33”) e ser dotada com o recurso de *picture in picture* (PIP) automático.

Projektor Multimídia: Tem a função de projetar em um telão vídeos, imagens, etc., serve como auxiliar do monitor principal.

Microfones: São os elementos mais críticos da videoconferência. Trata-se, portanto, de equipamentos de altíssima qualidade que selecionam o locutor, eliminando ruídos ambientes.

Videocassete: Para enviar informações pré-gravadas ou para gravar vídeos.

Quadro Branco Interativo (tipo *Touchscreen*): Permite a colaboração entre pessoas remotas, possibilitando a edição conjunta de documentos, compartilhamento de programas, etc.

Unidade de Controle Multiponto (MCU - *Multipoint Control Unit*): Permite que mais de dois ambientes participem de uma sessão de videoconferência. Sem ele, a videoconferência ficaria limitada a uma sessão ponto a ponto. A MCU inclui obrigatoriamente um Controlador Multiponto (MC) e Processadores Multiponto (MP) opcionais.

Controlador Multiponto (MC - *Multipoint Controller*): A entidade que provê o controle de três ou mais terminais em uma conferência multiponto.

Processador Multiponto (MP - *Multipoint Processor*): A entidade que provê o processamento de fluxos de áudio, vídeo, e/ou dados em uma conferência multiponto sob controle de um controlador multiponto (MC).

2.5 Características do Tráfego das Mídias e Requisitos de Comunicação

A videoconferência, por ter uma natureza multimídia, integra vários tipos de mídia: texto, gráficos, imagens, vídeo e áudio (FLUCKIGER, 1995 *apud* DINIZ, 1998). Cada tipo de mídia possui características e requisitos de comunicação distintos.

2.5.1 Características do Tráfego das Mídias

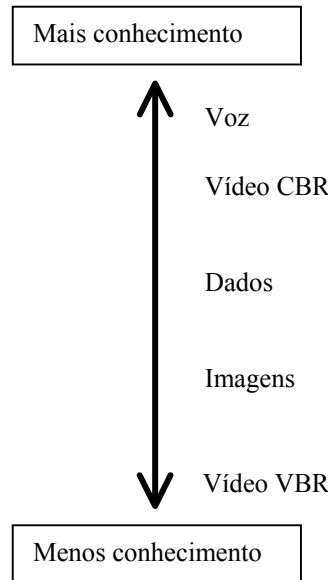
As características do tráfego de uma aplicação são o conjunto mínimo de parâmetros que o usuário pode declarar enquanto provê o gerenciamento da rede, fornecendo o maior número de informações possíveis para obter um controle efetivo do tráfego da rede, visando obter uma alta utilização dos recursos por ela oferecidos (ZANIN, 2000).

Em um nível macro, as características da fonte do tráfego são definidas pelos seus quesitos de QoS (qualidade de serviço).

Durante uma conexão, o período no qual uma fonte gera tráfego é conhecido como “período ativo” enquanto que o período de “silêncio” refere-se ao tempo em que não há geração de tráfego.

Segundo ONVURAL (1995) *apud* ZANIN (2000), a figura abaixo ilustra o grau de conhecimento das características do tráfego de diferentes tipos de aplicações.

FIGURA 2.6: Grau de Conhecimento das Características do Tráfego de Diversos Tipos de Aplicações.



Fonte: ONVURAL, Raif O. **Asynchronous Transfer Mode Networks: Performance Issues**. 2. ed. [S.l.]: Artech House Inc., 1995 *apud* ZANIN, Fabio Asturian. **Um Modelo para Videoconferência em Computador Pessoal sobre Redes IP**. 2000. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Uma das principais características é a natureza do tráfego gerado. A taxa de transmissão é o único parâmetro necessário para caracterizar uma fonte. Cada mídia pode ser classificada como (DINIZ, 1998, VARGAS et al., 1999):

- a) **Tráfego contínuo com taxa de *bits* constante - CBR (*Constant Bit Rate*):** É gerado um fluxo de *bits* à rede com uma taxa constante, isto é, sua taxa média é igual a sua taxa de pico. Este tipo de tráfego aparece em serviços tais como: fontes de vídeo (produzindo CBR) ou em conversações telefônicas onde os períodos de silêncio também são transmitidos.
- b) **Tráfego contínuo com taxa de *bits* variável - VBR (*Variable Bit Rate*):** É gerado um fluxo contínuo de *bits* a taxas variáveis durante todo o período de transmissão. Não há um comportamento específico da fonte. Os parâmetros mais

freqüentemente usados para caracterizar o comportamento de fontes VBR são: a média e a variância da taxa de transmissão. O parâmetro de explosividade (*burstiness*) também é bastante utilizado na caracterização dessas fontes. Ex.: fonte de vídeo comprimida pelo padrão MPEG.

Mesmo quando alguma técnica de compactação ou compressão for executada e o tráfego gerado ficar caracterizado como um tráfego com taxas variáveis, o sinal deve ser reproduzido no destino a uma taxa constante.

- c) **Tráfego em Rajadas (*Bursty*):** Os períodos de atividade (onde a fonte gera informações próximas à taxa de pico) se alternam com períodos de inatividade (durante os quais a fonte não produz tráfego algum). Parâmetros para caracterizar esse tipo de tráfego incluem a duração média dos períodos de atividade e a explosividade (*burstiness*) da fonte. Informações sobre a distribuição das rajadas ao longo do tempo, a duração das rajadas e a taxa de pico atingido durante as rajadas também são importantes.

2.5.2 Requisitos de Comunicação

Para cada tipo de mídia existem requisitos de comunicação específicos. Para que um sistema de comunicação possa transmitir dados de aplicações multimídia em tempo real e mídia contínua (aquela que depende do tempo), ele deve disponibilizar algumas características de desempenho. As principais características são (BORTOLUZZI, 1999, FLUCKIGER, 1995 e LU, 1996 *apud* DINIZ, 1998):

- a) **Vazão ou Largura de Banda:** Quantidade de *bits* que a rede é capaz de transmitir em um determinado período de tempo. Algumas aplicações necessitam de uma capacidade de armazenamento e de largura de banda muito grande, como mostra a tabela abaixo:

TABELA 2.1: Taxas de *Bits* de Aplicações de Áudio e Vídeo.

Aplicações	Taxa de Dados (Kbits/s)
Telefone digital	64
Rádio digital	1.024
Áudio-CD	1.411,2
DAT (<i>Digital Audio Tape</i>)	1.536
Vídeo qualidade VHS (<i>Video Home System</i>)	54.000
Vídeo qualidade TV	216.000
HDTV (<i>High Definition Television</i>)	864.000

Fonte: DINIZ, Ana Luiza B. de P. Barros. **Um Serviço de Alocação Dinâmica de Banda Passante em Redes ATM para Suporte a Aplicações Multimídia.** 1998. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Para poder quantificar este requisito, dependerá da qualidade de áudio e vídeo escolhidos para a transmissão e das técnicas de compressão utilizadas.

b) Retardo: Tempo gasto para a emissão do primeiro *bit* de um bloco de dados pelo transmissor e sua recepção pelo receptor. Um valor aceitável de retardo é dependente da aplicação. O retardo, mais conhecido como atraso fim-a-fim, é gerado pelo processamento da informação na fonte, sistema de transmissão e processamento no destino. Áudio e vídeo digital são mídias contínuas, dependentes do tempo, conhecidas como dinâmicas ou isócronas. Para que a apresentação destas mídias tenha uma qualidade razoável, as amostras de áudio e vídeo devem ser recebidas e apresentadas em intervalos regulares. De acordo com BORTOLUZZI (1999), testes mostram que o retardo entre essas duas mídias deve estar na ordem de 300 ms, pois, caso contrário, não haverá interatividade.

Alguns tipos de dados são sensíveis ao retardo enquanto outros tipos são sensíveis à integridade. A tabela a seguir, feita por VARGAS et al. (1999), apresenta diferentes tipos de dados e suas respectivas sensibilidades quanto ao retardo e à integridade. O "Sim" indica que o tipo de dado é muito sensível e não tolera muita divergência. O "Não" indica que algum desvio é tolerável.

TABELA 2.2: Sensibilidade dos Dados x Tipos de Dados.

Sensibilidade dos Dados/Tipos de Dados	Dados	Voz	Imagem	Vídeo
Sensível ao Retardo	Não	Sim	Não	Sim
Sensível à Integridade	Sim	Não	Sim	Sim/Não

Fonte: VARGAS, Carlos Luciano, et al. **Ferramentas e Serviços da Internet:** Emprego de Redes de Computadores na Educação. Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, maio 1999. 57 p.

c) Variação do retardo (*Jitter*): Variação no tempo do retardo de transmissão da rede, devido os pacotes de dados não chegarem ao destino em intervalos fixos. É um dos principais parâmetros para suportar mídias dependentes do tempo. Para uma boa apresentação de mídias contínuas, a variação do retardo deve ser muito pequena, caso contrário haverá exibição do conteúdo dessas mídias fora de sincronia no destino, ou até mesmo sua perda. Os requisitos de retardo e variação do retardo devem ser garantidos durante toda a sessão de comunicação. Com relação a percepção humana, a variação do retardo na transmissão de pacotes de voz é o problema mais crítico, podendo tornar a fala incompreensível. Grande parte das redes, protocolos de transporte, sistemas operacionais e escalonamento de discos atuais não fornecem tal garantia. Portanto, os hospedeiros e organização das redes atuais não são apropriados para aplicações multimídia. Para absorver os efeitos da variação do retardo e, ao mesmo tempo, realizar as funções de sincronismo entre áudio e vídeo é utilizada a técnica de *bufferização* nos *codecs*. No caso da videoconferência, o tamanho do *buffer* deve ser pequeno, pois o uso de *buffer* pode resolver ou minimizar o problema da variação do retardo, mas ocasiona mais retardo.

d) Taxas aceitáveis de erro de *bit* e de pacotes de dados: Parâmetro que mede a capacidade da rede em termos de integridade dos dados, ou seja, alteração, perda, duplicação ou entrega fora de ordem, dos dados. Em dados de áudio e vídeo pode-se tolerar algum erro ou perda, pois estes podem passar despercebidos pelo usuário. Quando são utilizadas técnicas de compressão, a taxa de erros permitida é menor, pois um erro em um *bit* pode causar erro de

descompressão de muitos *bits*. Um outro parâmetro de medida de erro é a taxa de perda de pacote. O requisito para taxa de erros de pacote é mais rigoroso que para taxa de erros de *bit*, pois a perda de pacotes pode afetar a decodificação de uma imagem. Porém, a detecção e retransmissão de pacotes com erros ou perdidos podem significar um aumento no atraso fim-a-fim, e para transmissões em tempo real de mídias como áudio e vídeo, o atraso é mais importante que a taxa de erros e, em muitos casos, é preferível ignorar o erro e trabalhar somente com o fluxo dos dados recebidos.

2.5.3 Mídias

De acordo com o tipo de informação presente em uma mídia, esta pode ser definida como discreta ou contínua.

- a) **Mídias discretas ou estáticas:** São mídias com dimensões unicamente espaciais que não dependem do tempo.
- b) **Mídias contínuas ou dinâmicas:** São mídias que dependem do tempo.

Texto, gráfico e imagem são exemplos de mídias discretas enquanto que áudio e vídeo são exemplos de mídias contínuas. O termo multimídia geralmente implica que pelo menos um tipo de mídia discreta esteja associado com informação de mídias contínuas (FLUCKIGER, 1995 *apud* DINIZ, 1998). Cada mídia está descrita abaixo conforme pesquisa realizada nos seguintes trabalhos DINIZ (1998), SOARES et al. (1995), VARGAS et al. (1999), ZANIN (1999):

- **Áudio**

Os sistemas de videoconferência são normalmente projetados para lidar com áudio na frequência da fala (entre 40 Hz e 4 KHz), que significa uma largura de banda muito

menor que a faixa de frequências captadas pelo ouvido humano (entre 20 Hz e 20 KHz) (RETTINGER, 1995 *apud* ZANIN, 2000).

A mídia de áudio (voz) caracteriza-se por gerar um tráfego contínuo com taxa de *bit* constante. O tráfego gerado, caso não seja utilizada nenhuma técnica de compactação ou compressão, é do tipo CBR (*Constant Bit Rate*). Caso contrário, o tráfego pode ser caracterizado como VBR (*Variable Bit Rate*) ou até mesmo como em rajadas, no caso da voz com detecção de silêncio. Mesmo no caso do tráfego em rajadas, o sinal deve ser reproduzido no destino a uma taxa constante.

Para o cálculo do tráfego gerado pelo áudio, se utiliza os seguintes parâmetros: a taxa de amostragem, a quantidade de *bits* utilizada para representar cada valor amostrado e o número de canais utilizados (1 para qualidade mono e 2 para estéreo). Por exemplo, um CD convencional de áudio requer 44.100 amostras por segundo. Cada amostra possui 16 *bits*, que equivale a um tráfego de 705.600 *bits/s* na qualidade mono e 1.411 Mbps na qualidade estéreo.

O retardo máximo de transferência pode ser crítico, independentemente do uso ou não de canceladores de eco e da supressão de ruídos. Durante uma conversa, normalmente, cada interlocutor espera o fim do discurso do outro para dar início a sua fala, porém se o retardo da transferência for muito grande a conversação começa a sentir um efeito de ruptura, podendo até se tornar inviável. Um retardo de transferência maior que 200 ms já começa a incomodar os interlocutores.

As taxas de erros de *bits* ou de pacotes podem ser relativamente altas, devido ao alto grau de redundância dos sinais de áudio. O único requisito é que os pacotes não sejam muito grandes para não perder tempo no empacotamento e, consequentemente, aumentar o retardo de transferência (SOARES et al., 1995).

- **Vídeo**

O vídeo é representado por uma sucessão de imagens e gráficos que criam uma impressão de movimento.

A característica de imagens ou gráficos em movimento é que todas as visões não são independentes. Elas são correlatas e em geral cada quadro é uma variante do quadro anterior. Pode-se entender por quadro como sendo uma visão completa e individual da

tela do computador em um determinado instante, parte de uma sucessão de visões apresentadas. O número de quadros mostrados por segundo é chamado de taxa de quadro. Quanto maior a quantidade de quadros em um intervalo de tempo, maior a fidelidade da animação. Mas, como a retina do olho humano só consegue reter uma imagem por alguns milissegundos antes que se apague, a exibição de taxas mais altas de quadros não representa ganhos de qualidade.

Existem dois tipos de vídeos que podem ser utilizados de acordo com os recursos de comunicação disponíveis:

- a) **Vídeo com Pouco Movimento:** Muito utilizado em videoconferência, caracterizando-se por apresentar quase sempre um cenário estático por trás de um personagem cujos movimentos são corporais (praticamente os da cabeça, expressões faciais e membros). Exige normalmente uma qualidade de transmissão mediana, podendo conter resoluções mais baixas e taxa de quadros menores. Como exemplo, uma taxa aceitável é de 6 quadros por segundo (qps), pois a partir daí já se consegue perceber nitidamente os movimentos e expressões das pessoas;
- b) **Vídeo de Ação:** São aqueles em que existe um grande número de objetos em cena, e esses objetos estão em constante movimento, podendo ocorrer mudanças abruptas da cena, composta de outros objetos diferentes. Exigem boa qualidade, boa resolução e alta taxa de quadros para poder reproduzir o que a origem está transmitindo. Para que se tenha uma real impressão de movimento, a taxa de quadros deve ser acima de 16 quadros por segundo (qps). Filmes são mostrados a uma taxa de 24 qps. Padrões atuais da televisão americana e japonesa utilizam 30 qps enquanto o padrão europeu utiliza 25 qps. Um dos muitos padrões de televisão de alta definição (*High-Definition Television* - HDTV) opera a 60 qps.

O vídeo é caracterizado pelo tráfego contínuo com taxa de *bits* constante. Independentemente do uso ou não de alguma técnica de compactação ou compressão, e o tráfego gerado se caracterizar como VBR, o sinal de vídeo deve ser reproduzido no destino a uma taxa constante. A qualidade do vídeo CBR e a taxa de *bits* exigida para a

transmissão do vídeo na rede aumentam proporcionalmente à transmissão dos dados que nela trafegam. A dificuldade está exatamente em prover a qualidade desejada ao vídeo e ao mesmo tempo minimizar o tráfego de *bits*.

O retardo máximo tem grande importância e sua variação deve ser compensada.

A taxa de erro de *bit* pode ser maior que a taxa de erro de pacote. No entanto, como a imagem não é estática e devem ser gerados vários quadros por segundo, a taxa de erro de pacote não é tão crítica.

- **Texto**

A mídia de texto pode ser representada de duas maneiras (FLUCKIGER, 1995 *apud* DINIZ, 1998):

- a) **Texto Não Formatado:** Onde o número de caracteres disponíveis é limitado e, em geral, o tamanho dos caracteres é fixo e estão disponíveis apenas uma forma e um estilo.
- b) **Texto Formatado:** Onde o conjunto de caracteres é mais rico, com múltiplas fontes, tamanhos e capacidades de formatação.

O texto gera um tráfego em rajadas, ou seja, não gera um fluxo contínuo de informação. A vazão dos dados vai depender muito da aplicação, variando desde alguns poucos *bits* por segundo até alguns *megabits* por segundo.

Quanto ao retardo máximo de transferência e sua variação não existem grandes preocupações, ao contrário da tolerância a erros.

- **Gráfico**

A mídia de gráficos possui informações estruturais. Os objetos podem ser apagados, redesenhados, movidos ou terem seu tamanho alterado. São formados por objetos tais como linhas, curvas ou círculos. Estes objetos podem ser removidos, adicionados,

movidos, diminuídos ou aumentados. Eles possuem atributos do tipo espessura, escala de cinza, cor ou padrões de preenchimento (FLUCKIGER, 1995 *apud* DINIZ, 1998).

A natureza do tráfego gerado pela mídia gráfica (estática) é de rajadas com vazões chegando a algumas dezenas de *megabits* por segundo. Como em textos, o retardo máximo e sua variação não causam problemas.

Os gráficos podem estar no formato:

- a) **Matricial:** Quando são representados por uma matriz de pontos com cada componente da matriz carregando a informação de cor do ponto;
- b) **Vetorial:** Quando são representados pelas coordenadas dos segmentos de reta que as compõem.

Para gráficos no formato matricial e sem compressão, a taxa de erro de *bit* pode ser bem maior que a taxa de erro de pacote, pois uma alteração em um *pixel* não causará tanto problema quanto uma alteração em um bloco da imagem.

Para gráficos no formato vetorial e gráficos no formato matricial, em que foram utilizadas técnicas de compressão, não se pode tolerar erro em um único *bit* sequer.

- **Imagem**

A mídia de imagem é conhecida também como figura e não contém informação estrutural. São estáticas, ou seja, não existe movimento. Utilizadas para prender a atenção do telespectador ou para mostrar informações com um certo grau de detalhamento. Ex.: Radiografia médica, diagrama elétrico, planta baixa de um imóvel ou um desenho qualquer.

As imagens de computador são representadas por mapas de *bit* (*bitmaps*). Um mapa de *bit* simples é uma matriz espacial de duas dimensões, feita de elementos individuais chamados *pixels*. Gráficos ou textos podem ser representados ou armazenados como imagens, sendo convertidos para formato *bitmap* (FLUCKIGER, 1995 *apud* DINIZ, 1998). As imagens podem ser transmitidas através de arquivos nos padrões BMP, JPEG, GIF, etc.

Cada *pixel* pode representar:

- Um ponto preto ou branco usando um único *bit* por *pixel*;
- 256 tons de cinza usando 8 *bits* por *pixel*;
- Imagens coloridas usando 8 *bits* para cada uma das cores RGB (*Red Green Blue*), ao todo 24 *bits* por *pixel*.

Os requisitos de comunicação da imagem são bem semelhantes daqueles para os gráficos.

O comportamento das fontes de dados (textos, gráficos e imagens) ainda não está bem compreendido, mesmo com a realização de várias pesquisas durante três décadas. Isso se dá ao fato de que são fontes imprevisíveis (ONVURAL, 1995 *apud* ZANIN, 2000) e por isso não existem aplicações típicas. Na maior parte das aplicações, a mídia de dados caracteriza-se pelo tráfego em rajadas, sendo que as vazões médias dos gráficos e das imagens chegam a algumas dezenas de *megabits* por segundo.

Um fato importante a ser considerado, em relação ao requisito de comunicação da taxa aceitável de erro de *bit* e de pacote, é saber se o gráfico ou a imagem será processada apenas pelo olho humano ou também pelo computador (SOARES et al., 1995).

2.6 Padrões de Formato de Vídeo Analógico

Os sistemas de videoconferência capturam o vídeo através de câmeras, videocassetes ou outros dispositivos de captura. Após terem sido obtidas pelo dispositivo de captura, as imagens do vídeo devem passar por um processo de sinalização para que possam ser transmitidas ou gravadas (BRADFORD, 1995 *apud* ZANIN, 2000). Este processo de captura e sinalização segue padrões diferentes em diversos países.

Os três principais padrões mundiais para definir o formato do vídeo e as suas especificações técnicas estão descritos a seguir:

- **NTSC**

O padrão NTSC (*National Television Standards Committee*) foi desenvolvido em 1953 pelos Estados Unidos e é usado por muitos países da América e também da Ásia, incluindo o Japão. É um padrão de televisão a cores que consiste de 525 linhas esquadrihadas em uma taxa de 60 campos ou 30 quadros por segundo.

TABELA 2.3: Padrão NTSC.

Sistema	NTSC M
Linha por Campo	525/60
Frequência Horizontal	15,734 kHz
Frequência Vertical	60 Hz
Frequência da Sub-portadora de Cores	3,579545 MHz
Largura de Banda de Vídeo	4,2 MHz
Portadora do Som	4,5 MHz

Fonte: ALKEN M. R. S. Worldwide Video Conversions. **Video Tape Conversion Service PAL – NTSC - SECAM.** Disponível em: <<http://www.alkenmrs.com/video/standards.html>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

- **PAL**

O padrão PAL (*Phase Alternating Line*) foi desenvolvido no final dos anos 60 na Alemanha e implementado em muitos países da Europa, exceto pela França. O padrão PAL usa um canal de maior largura de banda que o NTSC, permitindo desta forma uma melhor qualidade das imagens. Existem alguns sistemas PAL que são usados nos países da América do Sul. O Brasil usa o padrão PAL-M e a Argentina, o Uruguai e o Paraguai usam PAL-N. É um padrão de televisão a cores que consiste de 625 linhas esquadrihadas em uma taxa de 50 campos ou 25 quadros por segundo.

TABELA 2.4: Padrão PAL.

Sistema	PAL B, G, H	PAL I	PAL D	PAL N	PAL M
Linha por Campo	625/50	625/50	625/50	625/50	525/60
Frequência Horizontal	15,625 kHz	15,625 kHz	15,625 kHz	15,625 kHz	15,750 kHz
Frequência Vertical	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	60 Hz
Frequência da Sub-port. de Cores	4,433618 MHz	4,433618 MHz	4,433618 MHz	3,582056 MHz	3,575611 MHz
Largura de Banda de Vídeo	5,0 MHz	5,5 MHz	6,0 MHz	4,2 MHz	4,2 MHz
Portadora do Som	5,5 MHz	6,0 MHz	6,5 MHz	4,5 MHz	4,5 MHz

Fonte: ALKEN M. R. S. Worldwide Video Conversions. **Video Tape Conversion Service PAL – NTSC - SECAM.** Disponível em: <<http://www.alkenmrs.com/video/standards.html>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

- **SECAM**

O padrão SECAM (*Séquentiel Couleur Avec Mémoire* ou *Sequential Color with Memory*) foi introduzido no final dos anos 60 na França. É usado na França, na Rússia e na Europa Oriental. SECAM usa a mesma largura de banda que o padrão PAL, mas transmite as informações relativas às cores de forma seqüencial. É um padrão de televisão consistindo de 625 linhas esquadrinhadas em uma taxa de 50 campos ou 25 quadros por segundo.

TABELA 2.5: Padrão SECAM.

Sistema	SECAM B, G, H	SECAM D, K, K1, L
Linha por Campo	625/50	625/50
Frequência Horizontal	15,625 kHz	15,625 kHz
Frequência Vertical	50 Hz	50 Hz
Largura de Banda de Vídeo	5,0 MHz	6,0 MHz
Portadora do Som	5,5 MHz	6,5 MHz

Fonte: ALKEN M. R. S. Worldwide Video Conversions. **Video Tape Conversion Service PAL – NTSC - SECAM.** Disponível em: <<http://www.alkenmrs.com/video/standards.html>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

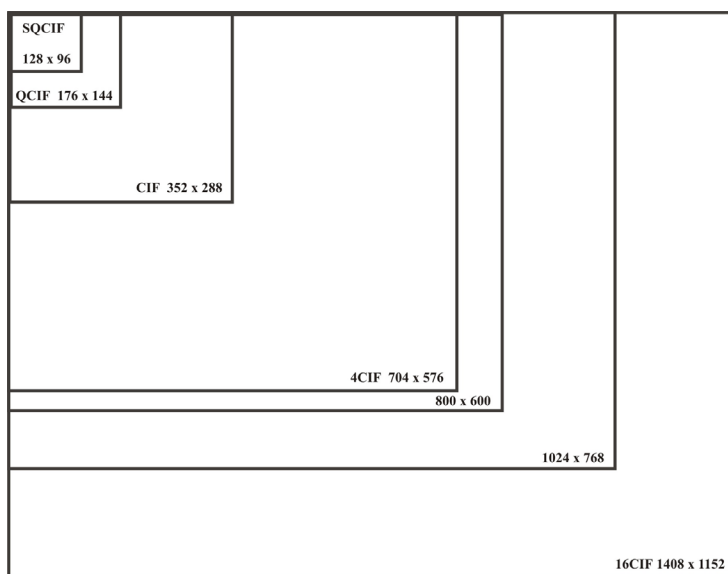
2.7 Padrões de Formato de Quadro de Vídeo Digital

Por questão de interoperabilidade, o ITU-T especificou cinco resoluções para a apresentação das mídias de vídeo:

- SQCIF (*Sub-Quarter CIF*) com 128 x 96 *pixels*;
- QCIF (*Quarter CIF*) com 176 x 144 *pixels*;
- CIF (*Common Intermediate Format*) com 352 x 288 *pixels*;
- 4CIF (*Four Times CIF*) com 704 x 576 *pixels*;
- 16CIF (*Sixteen Times CIF*) com 1408 x 1152 *pixels*.

A Figura 2.7 demonstra o espaço ocupado pelas resoluções padrão SQCIF, QCIF, CIF, 4CIF e 16CIF em telas de 800 x 600 e 1024 x 768 *pixels*.

FIGURA 2.7: Resoluções de Vídeo em Telas de 800 x 600 e 1024 x 768.



2.8 Meios de Transmissão

Os principais meios de transmissão de dados disponíveis hoje, no Brasil, são descritos a seguir:

- a) **Backbone da Rede Nacional de Pesquisa (RNP):** É onde a maioria das instituições de ensino está hoje conectada. Ele permite o acesso à *Internet*, mas a pequena largura de banda das linhas de transmissão, aliada ao congestionamento destas linhas, impede a sua utilização prática para aplicações de videoconferência. Com a implantação da *Internet 2*, associada aos atuais projetos de redes metropolitanas de alta velocidade, a velocidade e a qualidade dos serviços tende a melhorar de maneira a permitir o tráfego de vídeo e áudio na rede. O equipamento de videoconferência, para este caso, precisa ser adquirido com uma porta compatível *Ethernet*.
- b) **Linhas Privativas de Comunicação de Dados (LPCD):** São linhas que conectam duas localidades com velocidades escolhidas pelo cliente. O custo mensal é alto e depende da velocidade e da distância entre as pontas. O protocolo de comunicação normalmente usado é o V.35, e o equipamento de videoconferência, para este caso, tem que ser adquirido com uma porta compatível V.35. Nesta categoria se encaixam os *links* terrestres, via cabo ou rádio, e, também, os *links* via satélite.
- c) **Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI):** São linhas digitais discadas, ou seja, trafegam informações digitais e o destinatário é escolhido discando-se, como em um aparelho telefônico, o seu número. São conhecidas também como ISDN (*Integrated Service Digital Network*). Existem em dois tipos, primária (PRI) ou básica (BRI). As linhas primárias têm uma velocidade de até 2 Mbps e as linhas básicas têm velocidades de 64 Kbps. Para um serviço de qualidade aceitável, é necessário utilizar, no mínimo, duas linhas BRI, para uma velocidade de 128 Kbps. A tarifação é feita através de uma assinatura mensal de baixo valor, mais o custo do impulso que depende da velocidade de transmissão, do horário, da duração da chamada e da distância entre os pontos. O equipamento de videoconferência, para este caso, tem que ser adquirido com uma porta compatível RDSI.

2.9 Resumo do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados o conceito de videoconferência e sua classificação quanto à forma de realização, à forma de envio de uma mesma mensagem para vários receptores e quanto ao tipo. Foram também descritos alguns dos principais equipamentos e *softwares* utilizados na videoconferência.

Um breve comentário sobre a necessidade de uma considerável largura de banda para poder trafegar dados multimídia em tempo real foi feito no intuito de mostrar que se trata de um recurso muito importante para o ambiente de videoconferência e que, caso não seja bem dimensionado, poderá trazer transtornos relacionados à qualidade do serviço.

Foram também apresentados a natureza do tráfego gerado por uma aplicação e os requisitos de comunicação necessários a uma rede para transmitir dados de aplicações multimídia em tempo real. Os principais requisitos são: vazão, retardo, variação do retardo e taxa de erros de *bit* e de pacote.

Complementando, foram analisados os diversos tipos de mídia existentes em um ambiente de videoconferência, dentre eles: áudio, vídeo, texto, gráfico e imagem. Para cada tipo de mídia foram ressaltadas suas principais características e os requisitos de comunicação exigidos por cada um deles.

Diversos países e também diversos equipamentos de captura e sinalização de vídeo utilizam diferentes padrões de formato tanto para o vídeo analógico quanto para o digital. Por esta razão, neste capítulo, foram apresentadas as principais diferenças observadas entre eles.

E para finalizar foram descritos os principais meios de transmissão de dados atualmente disponíveis no Brasil.

CAPÍTULO 3

MÉTODOS DE COMPRESSÃO, PROTOCOLOS E PADRÕES

Pelo exposto no capítulo anterior, devido ao grande volume de dados gerados em tempo real numa videoconferência, a demanda por uma enorme largura de banda é fator inquestionável, porém os custos associados a maior disponibilidade de banda de transmissão são muito altos.

Para contornar o problema da necessidade da largura de banda, foram criadas algumas técnicas. Dentre elas, pode-se citar:

- A diminuição do tamanho do quadro de vídeo (que consiste na utilização de resoluções de quadros de menor tamanho);
- A diminuição da qualidade de animação do vídeo (que implica na diminuição do número de quadros exibidos por segundo);
- A compressão dos dados de áudio e vídeo.

As duas primeiras técnicas são usadas em aplicações que não exigem fluidez nos movimentos dos vídeos e que não necessitam de um quadro muito grande para enquadrar as imagens. Porém, para ter uma qualidade satisfatória durante a transmissão e disponibilizar para uma variedade mais ampla de aplicações, a utilização de métodos de compressão e descompressão se tornou obrigatória.

A padronização garante que produtos de diferentes fabricantes possam se comunicar, havendo uma interoperabilidade entre esses produtos. Para prover esta comunicação, o mesmo padrão deve ser adotado na origem e no destino, caso contrário será necessário um *gateway*.

Existem diversos grupos que trabalham para produzir e divulgar padrões para videoconferência. Além do ITU-T, existem outros grupos importantes com o mesmo objetivo, como o IETF (*Internet Engineering Task Force*), o IMTC (*International Multimedia Teleconferencing Consortium*) e o PCWG (*Personal Conferencing Working Group*), que interagem entre si e com o próprio ITU-T (MOURA FILHO & OLIVEIRA, 1998).

Neste capítulo serão apresentadas as técnicas de compressão e descompressão dos dados gerados em uma videoconferência e as maneiras de se capturar, digitalizar, transmitir e receber vídeo e áudio. Serão também discutidos os principais padrões recomendados numa videoconferência e o uso de protocolos em tempo real devido à interatividade entre os participantes (fator imprescindível numa videoconferência).

3.1 Métodos de Compressão e Descompressão de Dados

A compressão é o processo de utilização de técnicas e algoritmos para substituir a informação original por uma descrição matemática mais compacta (BORDIGNON, 2001). Consiste na redução da quantidade do espaço que deve ser alocado para armazenar determinada informação. Ela permite aumentar a quantidade da informação a ser transmitida na mesma largura de banda (ZANIN, 2000).

A descompressão é o processo reverso, onde a descrição matemática é convertida novamente nos dados originais que constituirão as imagens, o áudio e os dados (BORDIGNON, 2001).

A compressão é realizada por meio de um algoritmo de codificação, na origem. A descompressão é realizada por meio de um algoritmo de decodificação, no destino.

Em algumas aplicações, como servidores de vídeo, o algoritmo de compressão é usado uma única vez (na hora do armazenamento no servidor) e o de descompressão milhares de vezes (quando visto pelos usuários). Dessa forma, o algoritmo de compressão normalmente é mais lento, complicado e de alto custo enquanto que o de descompressão é rápido, simples e mais barato, porém, no caso da videoconferência, os dois algoritmos devem acontecer em tempo real.

As técnicas de compressão são geralmente divididas em duas categorias:

- a) **Codificação por Entropia (*Entropy Encoding*):** É uma técnica que trata de cadeias de *bits* sem se importar com o significado desses *bits*. É uma técnica genérica, sem perda e totalmente reversível (simétrica), que pode ser aplicada a todos os tipos de dados (TANENBAUM, 1997). Exemplos dessa técnica são:

Run-Length Encoding, Codificação Estatística e Codificação CLUT (*Color Look Up Table*). A explicação sobre cada uma dessas técnicas está no item 3.1.1.

- b) Codificação na Origem (*Source Encoding*):** É uma técnica que aproveita as propriedades dos dados para proporcionar maior compressão e é, geralmente, sem perda (TANENBAUM, 1997). Exemplos dessa técnica são: Codificação Diferencial, Transformações e Quantização Vetorial. A explicação sobre cada uma dessas técnicas está no item 3.1.2.

Os esquemas de compressão também podem ser divididos em:

- a) Esquemas sem Perda (*Lossless*):** São aqueles que reproduzem no sinal descomprimido o mesmo conteúdo do sinal antes da compressão. Alguns exemplos seriam os esquemas de compressão usados em arquivos compactados com o *software* pkzip e figuras do tipo gif.
- b) Esquemas com Perda (*Lossy*):** São aqueles em que o sinal depois de descomprimido é ligeiramente diferente de antes da compressão. Permitem ao usuário especificar a quantidade de perda que será empregada na compressão. Um exemplo seria os esquemas de compressão usados em arquivos de imagens do tipo jpeg e em vídeos.

Os métodos de compressão ainda podem ser (COFFEY, 2001):

- a) Simétricos:** São aqueles que realizam a mesma operação para comprimir e descomprimir os dados. O método *Motion JPEG* é um exemplo de um método simétrico.
- b) Assimétricos:** São aqueles que não realizam a mesma operação para comprimir e descomprimir os dados. Geralmente o esforço realizado para comprimir os dados em um método assimétrico é muito maior do que o esforço realizado para

descomprimi-los. MPEG1 e MPEG2 são exemplos de métodos assimétricos. Métodos de compressão de vídeo são geralmente assimétricos.

3.1.1 Métodos de Codificação por Entropia

a) Codificação por Comprimento de Sequência (*Run-Length Encoding*)

Esse método substitui uma sequência de símbolos (*bits*, *pixels*, números, etc.) repetidos por um marcador especial, seguido pelo símbolo que é repetido e, finalmente, pelo número de ocorrências do símbolo na repetição. Se o próprio marcador ocorre nos dados, ele é duplicado. Por exemplo, a sequência de 37 dígitos 3150000000000000845871111111111116354 poderia ser codificada como 315A01284587A1136354, resultando em uma sequência de 20 dígitos e uma compressão de 46%. Lembrando, para o caso de A012, que A seria o marcador especial, 0 é o símbolo que se repete e 12 é a quantidade de vezes que o símbolo ocorreu na repetição.

Essas sequências de símbolos repetidos, conhecida por *runs*, são muito comuns em multimídia. Em áudio, por exemplo, o silêncio é, em geral, representado por *runs* de zero. Em vídeo, *runs* representando a mesma cor ocorrem em imagens contendo céu, paredes, etc.

Este método funciona bem para compressão de arquivos e imagens em preto e branco, mas não para imagens coloridas.

b) Codificação Estatística (*Statistical Encoding*)

Diz respeito ao uso de um código curto para representar símbolos comuns e códigos longos para representar símbolos pouco frequentes. É o mesmo princípio usado pelo código Morse (TANENBAUM, 1997).

c) Codificação por Busca de Cores (CLUT - *Color Look Up Table*)

Considere uma imagem com codificação RGB (*Red Green Blue*) que tenha três *bytes* por *pixel*. Teoricamente, a imagem poderia conter até 2^{24} valores de cores diferentes. Na prática, a imagem, normalmente, possuirá menos valores.

Suponha que somente 256 valores de cores sejam realmente usados para comprimir um imagem gerada por computador. Uma tabela de 768 *bytes* (256 x 3) é suficiente para descrever todas as combinações das 256 cores RGB utilizadas, associando cada combinação a um índice único. E, então, substituir os *pixels* da imagem pelo índice da tabela.

Este método é assimétrico. A compressão demanda mais processamento que a operação inversa. Na compressão, cada *pixel* deve ser comparado às combinações da tabela para a identificação de seu índice. A descompressão requer somente que o índice seja pesquisado na tabela para a identificação da cor.

3.1.2 Métodos de Codificação na Origem

a) Codificação Diferencial (*Differential Encoding*)

Uma seqüência de valores (por exemplo, amostras de áudio) é codificada através da representação de cada valor pela sua diferença em relação ao valor anterior (TANENBAUM, 1997).

A Modulação por Código de Pulso Diferencial (DPCM - *Differential Pulse Code Modulation*) é um exemplo deste método. É um tipo de compressão com perda, pois o sinal pode sofrer um salto tão grande, entre duas amostras consecutivas, que a diferença pode não caber no campo reservado para expressá-la. Assim, pelo menos um valor incorreto será registrado e algumas informações serão perdidas.

A codificação diferencial é um tipo de codificação na origem porque se beneficia da propriedade de que as variações entre pontos de dados consecutivos são improváveis. Nem todas as seqüências de números possuem essa propriedade (TANENBAUM, 1997).

Por isso que é necessário o conhecimento das propriedades dos dados para que esse tipo de codificação na origem possa ser utilizada.

b) Transformações (*Transformations*)

Transformar sinais de um domínio em sinais de outro domínio pode tornar a compressão muito mais fácil (TANENBAUM, 1997).

Um exemplo seria expressar um gráfico por meio da equação que o gerou, resolvendo-a em tempo real (BORDIGNON, 2001).

Outro exemplo é usando a transformada de Fourier (TANENBAUM, 1997), onde a função do tempo é mapeada para uma função da frequência. Nesse caso, o sinal fica definido em termos de seus harmônicos e respectivas amplitudes. Com base nos valores exatos de todas as amplitudes, o sinal original pode ser perfeitamente reconstruído. Contudo, tendo somente os valores das oito primeiras amplitudes arredondados para apenas duas casas decimais, ainda será possível reconstruir o sinal (de áudio) com qualidade que não será percebido que uma parte das informações foi perdida.

Pode ser aplicada a dados de imagem bidimensionais. Uma especialmente importante é a Transformada Discreta do Cosseno (DCT - *Discrete Cosine Transformation*). Essa transformação tem a propriedade de que para imagens sem descontinuidades acentuadas, a maior parte de sua potência espectral está nos primeiros termos, permitindo que os últimos sejam ignorados sem grandes perdas de informações.

c) Quantização Vetorial (*Vector Quantization*)


É aplicável aos dados de imagem. A imagem é dividida numa grade de retângulos de tamanho fixo. Normalmente alguns retângulos são similares a seus adjacentes. Assim, o codificador identifica uma classe de retângulos semelhantes e os substitui por um retângulo genérico representativo (ver Figura 3.1 (a)). Cria-se um livro de códigos (*code book*), isto é, um vetor formado por retângulos genéricos distintos da grade em que a imagem foi dividida (ver Figura 3.1 (b)). Para que cada retângulo da imagem seja transmitido, ele é localizado no livro de códigos e seu índice (e não o retângulo) é enviado (ver Figura 3.1 (c)). O livro de códigos pode ser gerado dinamicamente e, neste

caso, também deve ser armazenado ou transmitido junto com os índices (TANENBAUM, 1997).

FIGURA 3.1: Um Exemplo de Quantização Vetorial.

a) Uma imagem dividida em quadrados.

Retângulo com muitos *pixels*



0	0	1	0
2	2	2	0
3	2	2	0
0	4	0	0

b) Um livro de códigos para a imagem.

0
1
2
3
4

c) A imagem codificada

0 0 1 0 2 2 2 0 3 2 2 0 0 4 0 0

Fonte: TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997. 923 p.

O decodificador usa a grade para construir uma imagem aproximada formada pelos retângulos genéricos, portanto essa técnica é com perdas.

O processo de codificação é lento e exige processamento intenso, pois é necessário acumular estatísticas sobre a frequência dos retângulos e calcular a similaridade entre

eles para se construir a grade. Já a decodificação é rápida, pois é apenas uma consulta à grade através dos índices. Quanto menor a grade, maior e mais rápida se dá a compressão, à custa, porém, da qualidade final da imagem (MOURA FILHO & OLIVEIRA, 1998).

3.1.3 Métodos de Compressão de Vídeo

Existem vários métodos de compressão de vídeo e os *codecs* de vídeo existentes no mercado atualmente se utilizam de um deles ou da combinação deles. A tabela abaixo resumirá a relação dos principais *codecs* existentes no mercado e os métodos de compressão utilizados por eles.

TABELA 3.1: *Codecs* de Vídeo Existentes no Mercado.

Implementações Comerciais (<i>Codecs</i>)	Método Utilizado
MRLE	Codificação por comprimento de sequência
Indeo 3.2 e Cinepak	Quantização Vetorial
MPEG1 e 2; H.261 e H.263; MJPEG	Transformada Discreta de Cosseno (DCT)
<i>Iterated Systems</i>	Fractal
VDOnet e VxTreme	Técnicas de sub-banda (entre elas, a baseada em Transformada por <i>Wavelet</i> é a mais comum)
CrystalNet	Método de enquadramento de superfície (SFM)
Cinepak	Diferenciação de quadro
VDOWave; VxTreme; MPEG 1, 2 e 4; H.261; H.263; H.263+	Compensação de movimento

Fonte: MOURA FILHO, César Olavo de; OLIVEIRA, Mauro. **Videoconferência em Educação à Distância**. Fortaleza: CEFET-CE, 1998. Disponível em: <<http://lar.cefetce.br/N/Capa.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

Os padrões atuais de videoconferência requerem o método DCT, mas permitem a inclusão de *codecs* alternativos, ou seja, métodos como *Wavelet*, Fractal e SFM podem ser utilizados também.

Alguns desses métodos já foram descritos neste trabalho enquanto alguns outros poderão ser obtidos em MOURA FILHO & OLIVEIRA (1998).

Através do conhecimento das características de um vídeo, a taxa de compressão poderá ser maximizada de duas formas:

a) Compactação entre os Quadros de um Vídeo (*Interframe Compression*)

O método de compressão que melhor ilustra a compressão entre um quadro e seu sucessor na seqüência de vídeo é a Codificação Diferencial. O primeiro quadro é inteiramente armazenado ou transmitido, e para os quadros seguintes são fornecidas apenas as informações que traduzem as diferenças do quadro anterior (BORDIGNON, 2001).

É também conhecida como Compressão Temporal (*Temporal Compression*), pois é aplicada ao longo do tempo entre os quadros da seqüência de imagem. Utiliza a técnica de compensação de movimento.

O conjunto de informações que descreve um quadro completo é chamado de *key frame*. É considerado uma referência para os quadros que o seguem e funciona como uma espécie de fonte de informação.

O conjunto de informações que descreve as diferenças entre o quadro atual e o *key frame* ou o quadro anterior é chamado de *delta frame*.

A eficiência desta técnica deriva da redundância existente entre um quadro e o(s) seu(s) sucessor(es). Um exemplo seria um vídeo com pouco movimento, ou seja, uma pessoa falando, onde somente a boca varia entre quadros sucessivos. Portanto, quanto menor a quantidade de movimentos na área utilizada pelo quadro, e quanto mais lentos os movimentos, maior será a taxa de compressão *interframe* (BORDIGNON, 2001).

b) Compactação dos Dados de um Quadro (*Intraframe Compression*)

É aquela que objetiva reduzir um quadro a sua forma comprimida, independente das operações realizadas nos demais quadros e da relação daqueles com o quadro atual (BORDIGNON, 2001).

As técnicas *Run-Length Encoding*, JPEG (descrito mais adiante) e Quantização Vetorial são exemplos de compressão *intraframe*.

3.1.3.1 Principais Padrões de Digitalização e Compressão de Imagens

A seguir, estão descritos os principais padrões (*codecs*) listados na Tabela 3.1.

a) JPEG (*Joint Photographic Experts Group*)

É usado para a digitalização e compressão de imagens estáticas e de tom contínuo, por exemplo: fotografias. Trata-se de um método *intraframe* e simétrico. Foi desenvolvido por especialistas em fotografias sob coordenação da ITU, ISO e IEC e está definido no padrão internacional 10918.

É importante para a multimídia porque, de uma forma geral, o padrão multimídia para imagens em movimento (MPEG) é simplesmente a codificação JPEG de cada quadro separadamente, com alguns recursos extras para a compressão entre quadros (*interframe*) e para a detecção de movimentos (TANENBAUM, 1997).

Com frequência produz uma compressão de quase 20:1 ou mais.

O JPEG tem quatro modos de operação, dentre eles: modo seqüencial, progressivo, sem perda e o hierárquico (COFFEY, 2001), porém só o modo seqüencial com perda é normalmente implementado.

Um detalhamento da operação JPEG no modo seqüencial com perda poderá ser obtido no Capítulo 7 de TANENBAUM (1997).

b) MJPEG (*Motion JPEG*)

O MJPEG nada mais é do que a pura e simples apresentação de quadros JPEG em seqüência, a uma alta taxa, reproduzindo assim os movimentos de um vídeo (BORDIGNON, 2001).

É um método simétrico que normalmente resulta em taxas de compressão que podem variar de 10:1 até 50:1. MJPEG pode ser implementado por *hardware* ou *software*.

MJPEG somente remove redundâncias dentro dos quadros (*intraframe*). Não é utilizada nenhuma técnica de compressão *interframe*. Isto resulta em uma significativa perda de compressão em comparação a um método que remova ambos. Outro problema

do MJPEG é o fato de que o áudio não é integrado no método de compressão. Porém, com a falta da compressão *interframe*, o MJPEG pode descomprimir um quadro de vídeo assim que o mesmo chegar ao destino, sendo utilizado para digitalização em tempo real de filmes (COFFEY, 2001).

c) MPEG (*Motion Picture Experts Group*)

Não é uma simples adaptação do MJPEG, mesmo que utilizando o padrão JPEG como técnica de compressão *intraframe* (BORDIGNON, 2001).

O padrão MPEG é o principal método utilizado para a compressão de dados multimídia (vídeos e áudios). Está sob a coordenação da ISO e IEC, sendo definido em cinco partes (OLIVEIRA, 1996):

- **MPEG-Vídeo:** Consiste de um padrão para a codificação e compressão de vídeo, estando descrito no documento IS 11172-2;
- **MPEG-Áudio:** Consiste de um padrão para a codificação e compressão de áudio, estando descrito no documento IS 11172-3;
- **MPEG-System:** Especifica como os sinais de áudio e vídeo devem ser multiplexados, além de especificar um mecanismo para garantir a sincronização entre as mídias, estando descrito no documento IS 11172-1;
- **MPEG-Conformance Testing:** Descrito no documento IS 11172-4;
- **MPEG-Software Coding:** Descrito no documento IS 11172-5.

Atualmente, o padrão MPEG possui quatro especificações distintas (BORDIGNON, 2001, OLIVEIRA, 1996, TANENBAUM, 1997), dentre elas:

- **MPEG1:** Tem como objetivo oferecer suporte a compressão de vídeo e áudio a uma taxa de transmissão de 1,5 Mbps. É assimétrico e somente a descompressão é feita em tempo real, geralmente por *software*. A compressão é lenta e, na maioria das vezes, realizada por *hardware*. Pode ser transmitido através de linhas de par trançado para pequenas distâncias. Apresenta uma qualidade

semelhante a de um videocassete VHS, sendo que este nível de qualidade, geralmente, não é aceito para *broadcast* de vídeo.

- **MPEG2:** Projetado para comprimir vídeos com qualidade de difusão (por exemplo, para aplicações de *Video-on-Demand* - VoD) a uma taxa de transmissão de 4 a 10 Mbps, portanto podendo ser usado em um canal de difusão NTSC ou PAL. Posteriormente, foi expandido para aceitar resoluções mais altas, incluindo a tecnologia HDTV. Nesse caso a taxa de transmissão deve ser inferior a 20 Mbps. Ele aceita quatro níveis de resolução: baixa (352 x 240, destinada para videocassete e para a retrocompatibilidade com o MPEG1), principal (720 x 480, se destina à difusão NTSC), alta-1440 (1440 x 1152, destinada para HDTV) e alta (1920 x 1080, destinada para HDTV). Este padrão foi elaborado para ser compatível com o MPEG1, ou seja, o decodificador MPEG2 deve decodificar sinais do MPEG1, sendo que a recíproca não é verdadeira. Também é um método assimétrico.
- **MPEG3:** Este padrão foi abandonado, pois estava sendo desenvolvido exclusivamente para HDTV quando o MPEG2 incorporou esta finalidade. Atualmente, este padrão está sendo utilizado para a compressão de áudio com qualidade de CD, onde é mais conhecido como MP3.
- **MPEG4:** É um padrão para compressão de áudio e vídeo a baixas taxas de transmissão que visa o uso de canais inferiores a 64 Kbps, com 10 qps no formato QCIF.

d) Padrão H.261

H.261 é um padrão internacional de compressão de vídeo desenvolvido para aplicações em tempo real que utilizam largura de banda de 64 Kbps a 2 Mbps. Foi especificado para uso no padrão H.320 (descrito no item 3.3). Ele utiliza as técnicas de compressão DCT e compensação de movimento.

É também conhecido como *Line Transmission of non-Telephone Signals - Video Codec for Audiovisual Services at p x 64 Kbps*, ou somente *p x 64 Kbps*. A faixa de transmissão é separada em intervalos de 64 Kbps, onde **p** varia de 1 a 30. Ele descreve e especifica a codificação, a multiplexação e a transmissão de vídeo.

Este padrão foi elaborado para transportar vídeo em redes RDSI, particularmente para aplicações de videofone e videoconferência. Videofone é menos exigente em relação à qualidade do vídeo e pode ser conseguido com $p = 1$ ou 2 . Para aplicações de videoconferência (em que há mais de uma pessoa no campo de visão) a qualidade da imagem deve ser melhor e p será, no mínimo, igual a 6 .

H.261 define dois formatos de quadros: QCIF e CIF (descritos no Capítulo 2). A escolha de QCIF ou CIF depende da capacidade disponível do canal, por exemplo, QCIF é normalmente usado se $p < 3$.

O seu algoritmo de codificação é bastante similar, mas incompatível com o do MPEG. O H.261 necessita substancialmente menos poder da CPU para a codificação em tempo real do que o MPEG. O algoritmo inclui um mecanismo que otimiza o uso da largura de banda, onde movimentos rápidos possuem menor qualidade de imagem e movimentos mais lentos possuem melhor qualidade, tornando homogênea a taxa de *bits* gerada. Usado desta maneira, o padrão H.261 apresenta taxa de *bits* constante (CBR), mas não uma taxa constante de qualidade de imagens (quando a qualidade das imagens é constante geralmente a taxa de *bits* é variável).

e) Padrão H.263

Trata-se de uma versão melhorada do H.261, pois foram implementados alguns elementos adicionais para aumentar o desempenho e a recuperação de erros, sendo o principal deles a introdução da possibilidade de negociar entre o codificador e o decodificador no início do processo de transporte dos fluxos.

É baseado na codificação DCT e compensação de movimento. Foi concebido para a utilização de multimídia em redes comutadas por pacotes, sem garantias de QoS e com baixa largura de banda, sendo responsável pela máxima compressão dos dados (quanto menor o tráfego menor a probabilidade de problemas). Foi desenvolvido para o padrão H.323 (descrito no item 3.3).

O H.263 suporta cinco formatos de quadros: SQCIF, QCIF, CIF, 4CIF e 16CIF (todos foram descritos no Capítulo 2). O suporte a 4CIF e 16CIF significa que H.263 pode trabalhar com altas taxas de transmissão tal como os padrões MPEG.

Geralmente oferece melhor qualidade que o padrão H.261 e é melhor que o MPEG1 e MPEG2 para baixas resoluções e baixa largura de banda.

A tabela abaixo ilustra uma comparação dos padrões mais utilizados atualmente de digitalização e compressão de imagens.

TABELA 3.2: Quadro Comparativo entre Padrões de Compressão de Vídeo.

Padrões	Largura de Banda (Kbps)	Aplicações	Formatos
H.261	64 – 2000	Videofone e Videoconferência, etc.	QCIF, CIF
H.263	28,8 – 2000	Desde videofone a baixa taxa de <i>bits</i> até videoconferência de alta qualidade, etc.	SQCIF, QCIF, CIF, 4CIF, 16CIF
MPEG1	Até 1500	Armazenamento em CD-ROM com qualidade de videocassete, etc.	QCIF, CIF, 4CIF
MPEG2	Acima de 2000	Distribuição de TV a cabo, difusão de serviços via satélite, cinema eletrônico, etc.	4CIF, 16CIF
MPEG4	28,8 – 64	Multimídia interativa, multimídia móvel, distribuição de vídeo sobre a <i>Intranet</i> e <i>Internet</i> , etc.	QCIF, CIF

3.1.4 Métodos de Compressão de Áudio

Como foi comentado no Capítulo 2, os sistemas de videoconferência trabalham normalmente na frequência da fala, descartando os sinais de áudio cujas frequências podem ser ou não audíveis pelo ouvido humano, porém não podem ser reproduzidas pela voz humana. Essa observação é muito relevante para a compressão de áudio.

Existem vários métodos de compressão de áudio e os *codecs* de áudio existentes no mercado atualmente se utilizam de vários deles. Serão apresentados a seguir os métodos recomendados por organizações internacionais de padronização como ITU e ISO.

a) PCM (*Pulse Code Modulation*)

É o padrão para digitalização de voz utilizado por empresas prestadoras de serviços de telecomunicações. É descrito na recomendação G.711 do ITU-T.

Basicamente, trata-se da aplicação direta dos resultados obtidos por *Nyquist*, ou seja, para representar um sinal de uma certa frequência com eficiência, a taxa de amostragem deve ser, pelo menos, duas vezes maior que a frequência presente no sinal.

Existem variações do método PCM, por exemplo, as codificações logarítmicas *μ -law* e *A-law* onde são realizadas duas amostras para cada um dos 4 KHz correspondentes ao espectro da voz em uma conversação telefônica. Cada amostra possui 8 *bits*, gerando 64 Kbps de dados. A esse valor deve ser acrescido o *overhead* de encapsulamento, no caso de transmissão em redes comutadas por pacotes.

b) GSM (*Global System for Mobile Telecommunications*)

O padrão GSM foi desenvolvido especialmente para a telefonia celular. Objetiva reduzir os dados em um fator de quase cinco com pouca degradação de qualidade. É um padrão europeu, definido pelo ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), que utiliza informações sobre a voz humana, em particular, do mecanismo que a produz.

A taxa de compressão pode ultrapassar 8:1 em uma largura de banda de 13 Kbps.

A desvantagem desse padrão é que tanto a compressão quanto a descompressão são lentas devido à complexidade do processo. Se o processador empregado não é rápido o suficiente, ele não será capaz de acompanhar a velocidade com que o áudio chegará. Assim, o que se ganhou com a redução da largura de banda necessária deve ser compensado por uma CPU mais veloz (MOURA FILHO & OLIVEIRA, 1998).

c) ADPCM (*Adaptive Differential Pulse Code Modulation*)

A compressão ADPCM, recomendada pelo G.726 do ITU-T, reduz pela metade a taxa de dados, gerando, portanto, um fluxo de 4.000 *bytes* por segundo. Este esquema requer muito menos poder de processamento que o GSM. Assim, ele é a melhor escolha

se o computador é muito lento para o GSM e se esta taxa de compressão (2:1) é adequada ao *link* (MOURA FILHO & OLIVEIRA, 1998).

É a aplicação, no modo PCM, das mesmas estratégias de redução utilizadas para a compressão da imagem (redução da qualidade com menor número de *bits* para a digitalização através da utilização de *key frames* e *delta frames*) (BORDIGNON, 2001).

d) LPC (*Linear Predictive Coding*)

A compressão LPC, recomendada pelo Departamento de Defesa dos EUA (US DoD) e pelo NATO, chega a reduzir a taxa de dados acima de 12:1. Oferece, assim, um dos maiores graus de compressão, porém, como o GSM, requer um poder computacional considerável devido à realização de muitos cálculos em ponto flutuante. Em alguns casos, é necessário que a máquina possua um co-processador matemático para conseguir fazer a compressão e a descompressão em tempo real. Outra característica é que este esquema de compressão é extremamente sensível a ruídos de alta frequência ou nível de entrada do sinal muito alto. Devido a estas e outras restrições, o LPC deve ser utilizado somente quando outros esquemas falham, no caso de larguras de banda realmente estreitas (MOURA FILHO & OLIVEIRA, 1998).

e) CELP (*Code Excited Linear Prediction*)

O padrão CELP compara a voz com um modelo analítico do trato vocal, calcula os erros entre o modelo e a fala original (sinais de áudio de entrada) e, então, transmite tanto os parâmetros do modelo como uma representação extremamente comprimida dos erros (esta representação é, na realidade, um índice de "livro de código" compartilhado pelo codificador e decodificador). Com este esquema de compressão, pode-se obter uma qualidade de áudio compatível com um fluxo de 32 Kbps do ADPCM utilizando uma taxa de apenas 4,8 Kbps (MOURA FILHO & OLIVEIRA, 1998).

3.1.4.1 Principais Padrões de Digitalização e Compressão de Áudio

O ITU-T especifica uma série de métodos para compressão de áudio, descritos a seguir. Maiores detalhes poderão ser obtidos em MOURA FILHO & OLIVEIRA (1998), ZANIN (2000):

a) Recomendação G.711

O padrão G.711 é a codificação básica de áudio para os sistemas telefônicos. Trata-se de um esquema PCM operando a uma taxa de amostragem de 8 KHz com 8 *bits* por amostra, resultando em uma taxa de transmissão de 48, 56 e 64 Kbps, sendo capaz de codificar frequências entre 0 e 4 KHz.

b) Recomendação G.722

G.722 foi desenvolvido com o objetivo de possibilitar a transmissão de voz até 7 KHz com alta qualidade em uma largura de banda de 48, 56 ou 64 Kbps.

Utiliza a técnica ADPCM onde são alocados 6 *bits* para a faixa de 50 Hz a 4 KHz (onde está a maior parte da energia da fala humana) e 2 *bits* para a faixa de 4 a 7 KHz, sendo que cada faixa é amostrada a 8 KHz para poder produzir 64 Kbps.

c) Recomendação G.723

Codec que implementa técnicas mais modernas de compressão com maior poder de compressão. Usa o método de codificação ADPCM. Possui dois modos de trabalho, um gerando dados a taxa de 6,4 Kbps e outro gerando 5,3 Kbps.

d) Recomendação G.728

G.728 define um método de codificação e compressão da voz humana usando uma variação do CELP chamada de LD-CELP (*Low Delay CELP*), ou seja, predição linear excitada de baixo atraso. Comprime até 3,3 KHz em taxas de 16 Kbps.

É computacionalmente complexo, requerendo o uso de *hardware* adicional.

e) **Recomendação G.729**

Padrão de codificação e compressão da voz a taxa de 8 Kbps, usando a técnica CS-ACELP (*Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction*).

A tabela abaixo resume alguns padrões de digitalização e compressão de áudio.

TABELA 3.3: Quadro Comparativo entre Padrões de Compressão de Áudio.

Padrões	Taxa de Transmissão Gerada
PCM	64 Kbps
CVSD	De 9 a 64 Kbps
IDVI	Cerca de 46 Kbps
ADPCM	Cerca de 36 Kbps
VADPCM	Variável
G.711	De 48 a 64 Kbps
G.722	De 48 a 64 Kbps Banda Larga
G.723	6,4 e 5,3 Kbps
G.728	16 Kbps
GSM	Cerca de 19 Kbps
<i>Delta Modulation</i>	Cerca de 16 Kbps
LPC	Cerca de 9 Kbps

Fonte: BORDIGNON, Márcio Rodrigo. **Vídeo Conferência:** Conceitos, Tecnologias e Uso. Rio de Janeiro: Book Express, 2001. 143 p.

3.2 Protocolos de Tempo Real

A maioria das aplicações multimídia que rodam sobre o TCP/IP utilizam o protocolo de transporte UDP (*User Datagram Protocol*) devido os retardos na transmissão durante o uso do TCP que são decorrentes das retransmissões para correção de erros, controle de fluxo, etc.

Por esse motivo, uma série de novos protocolos foram desenvolvidos para otimizar a rede baseada em TCP/IP em relação aos fluxos de dados multimídia em tempo real,

além de permitir o provimento de QoS. Todos eles foram projetados para serem usados tanto em sistemas *unicast* como *multicast*.

Maiores detalhes poderão ser obtidos em BORDIGNON (2001), BORTOLUZZI (1999), MOURA FILHO & OLIVEIRA (1998), ZANIN (2000).

3.2.1 RTP (*Real Time Transport Protocol*)

O Protocolo de Transporte em Tempo Real (RTP) é a tentativa de padronização de um protocolo de temporização. Tem por finalidade fornecer um serviço de transporte fim-a-fim para dados com características de tempo real, como áudio e vídeo interativo (SCHULZRINNE et al., 1997 *apud* BORTOLUZZI, 1999). O protocolo RTP é especificado pela RFC 1889.

É executado sobre os protocolos UDP (*User Datagram Protocol*) e IP (*Internet Protocol*) e fornece serviços de temporização (*timestamping*), enumeração de sequência (*sequence numbering*) e identificação do conteúdo dos pacotes (*payload type identifier*), o que permite às aplicações adaptar e remover erros e retardos inseridos pela rede. O resultado final é que, mesmo com aplicações críticas como as que envolvem áudio, os participantes percebem a conversação como se fosse em tempo real, embora haja um pequeno atraso de armazenamento (*buffering*) necessário para sincronizar e disponibilizar os pacotes em sequência.

O RTP não fornece nenhum mecanismo para garantir tempo de entrega (na realidade ele sequer garante a entrega dos datagramas) nem efetua reserva de recursos nem garante a qualidade de serviço e nem o sincronismo, portanto, para as aplicações que exigem tais garantias, faz-se necessário o uso de outros mecanismos, normalmente no nível da aplicação, em conjunto com o RTP.

Outra função do RTP é a identificação da origem, que permite a aplicação receptora identificar a origem dos dados que está recebendo. Por exemplo, saber quem está enviando um determinado vídeo durante uma videoconferência.

3.2.2 RTCP (*Real Time Control Protocol*)

É o protocolo de controle que trabalha em conjunto com o RTP. Também é especificado pela RFC 1889.

Os pacotes de controle RTCP são enviados periodicamente por cada participante para todos os outros participantes. A transmissão dos pacotes de controle e de dados é feita em canais separados, permitindo mais flexibilidade para a aplicação. As informações retornadas (normalmente, informações estatísticas) podem ser utilizadas para controlar o desempenho da rede bem como para propósitos de diagnóstico. Portanto, o seu principal objetivo é monitorar a qualidade do serviço (ou seja, a qualidade da distribuição dos dados) e fornecer informações sobre os participantes de uma sessão.

Executa as seguintes funções:

- a) **Provê informações para a aplicação, monitoramento de QoS e controle de congestionamento:** Esta é sua principal função. Cada pacote RTCP contém informações (como: número de pacotes enviados, número de pacotes perdidos, *jitter*, etc.) que serão úteis às aplicações. De posse dessas estatísticas, o transmissor pode modificar a taxa de transmissão, o receptor pode identificar se o problema é local, regional ou global, e o administrador da rede pode avaliar o desempenho de sua rede para distribuição *multicast*.
- b) **Identifica a fonte RTP:** Essa função é utilizada para manter informações sobre os participantes de uma sessão RTP.
- c) **Controla o intervalo de transmissão RTCP:** Para impedir que o tráfego de controle sature a rede quando o número de participantes aumenta muito, limita-se a, no máximo, 5% do tráfego total da sessão, ajustando-se o número de pacotes transmitidos em função do número de participantes.
- d) **Sincronização entre as mídias:** Tem como função fornecer indicações de tempo real para a sincronização intermídia (sincronização entre as mídias).

- e) **Transmite informações de controle de sessão:** Opcionalmente, o RTCP pode ser usado para transmitir informações mínimas para todos os participantes de uma sessão, como, por exemplo, o nome que identificará um participante na tela dos demais.

3.2.3 RSVP (*Resource Reservation Protocol*)

É um protocolo utilizado para criar e manter reservas de recursos em cada enlace por onde os pacotes serão roteados, sendo utilizado pelas aplicações para requisitar uma qualidade de serviço para seu fluxo de dados, ou seja, é um protocolo para garantia de qualidade de serviço (QoS).

O protocolo RSVP é um protocolo *simplex*, isto é, a reserva de recursos é feita apenas em uma direção. O protocolo é orientado ao receptor, onde o receptor dos dados é o responsável pela inicialização da reserva de recursos.

Uma solicitação de reserva RSVP consiste em uma especificação de uma QoS desejada (por exemplo, largura de banda máxima e média e atraso máximo) e uma definição do conjunto de pacotes de dados a receber a QoS. O RSVP inclui três tipos de serviços: atraso garantido, atraso previsto e atraso controlado.

No caso de um ambiente *multicast*, uma estação envia mensagens baseadas em IGMP (*Internet Group Management Protocol*) para juntar-se a um grupo e então envia mensagens RSVP para reservar recursos ao longo do caminho de entrega desse grupo. Uma desvantagem do RSVP aparece neste momento: como roda por cima de um protocolo não orientado à conexão (IP), uma mudança na rota pode causar uma alteração na qualidade de serviço experimentado por um determinado fluxo. É necessário algum tempo para que os fluxos no RSVP sejam atualizados e não há garantia de que a nova rota possa fornecer a qualidade de serviço necessária (PASSMORE, 1997 *apud* MOURA FILHO & OLIVEIRA, 1998).

Este protocolo não negocia a priorização do tráfego. Não há garantias, portanto, de que os pacotes contendo vídeo ou áudio terão precedência sobre pacotes que encontram-se enfileirados na interface do roteador em uma rede.

3.2.4 RTSP (*Real Time Streaming Protocol*)

Este protocolo tem como objetivo controlar sessões com múltiplos dados e escolher o meio de entrega mais apropriado (UDP, TCP, IP *multicast* e RTP). Ele divide o dado em muitos pacotes com o tamanho apropriado para a largura de banda disponível entre transmissor e receptor. Após o cliente ter recebido um número suficiente de pacotes, o *software* pode começar a executar um pacote, descomprimir um outro e continuar recebendo os demais. Com isso, o usuário pode começar a escutar um arquivo antes que o mesmo tenha sido totalmente recuperado (MOURA FILHO & OLIVEIRA, 1998).

3.3 Padrões de Videoconferência

De acordo com as recomendações emitidas pelo ITU-T, com o intuito de garantir comunicação entre sistemas de diferentes fabricantes, um sistema de videoconferência utiliza os seguintes protocolos:

a) De Comunicação

H.221: Especifica a estrutura de quadro utilizada para canais de 64 Kbps a 2 Mbps. É um padrão para multiplexação dos sinais de áudio e vídeo bem como outras mídias em um ou mais canais RDSI.

H.223: Protocolo de multiplexação para baixas taxas de *bits*.

H.225: Especifica mensagens para controle de chamada, incluindo sinalização, registro e admissão além de empacotamento e sincronização das mídias.

H.230: É uma extensão da recomendação H.221. Especifica o controle de transmissão e sincronização dos quadros.

H.231: Especifica o funcionamento das MCU's (*Multipoint Control Unit*) ou unidades de controles para videoconferência com mais de dois pontos simultâneos.

H.233: Implementa os mecanismos de criptografia para segurança e confiabilidade nas transmissões.

H.242: Especifica o mecanismo de inicialização da comunicação entre terminais audiovisuais.

H.243: Estabelecimento de comunicação multiponto.

H.245: Protocolo de controle para comunicação multimídia. É responsável pela negociação de tamanho de quadro, taxa de *bits* e quadros por segundo.

b) De Áudio

Os padrões **G.711**, **G.722**, **G.723**, **G.728** e **G.729** foram descritos no item 3.1.4.1.

c) De Vídeo

Os padrões **H.261** e **H.263** foram descritos no item 3.1.3.1.

d) De Dado

T.120 (*Real Time Data Conferencing - Audiographics*): Especifica o compartilhamento de documentos e de aplicações.

T.126: Protocolo que define o compartilhamento de dados (gráficos, imagens, textos) de forma colaborativa. Especificado para conferências multiponto (TAROUCO, 2000).

Com o aumento das exigências para uso da videoconferência em áreas que demandam alta qualidade das imagens, do vídeo e dos sinais de áudio, uma constante evolução tecnológica dos equipamentos, dos *softwares* e dos meios de comunicação de dados que a envolvem se tornou necessária.

Devido à variedade de tecnologias de redes sobre as quais a videoconferência pode ser implementada, com diferentes níveis de qualidade, o ITU-T emitiu alguns padrões, conforme Tabela 3.4, a seguir:

TABELA 3.4: Padrões do ITU-T Série H para a Videoconferência e seus Respectivos Níveis de Qualidade.

Padrão	Tecnologia	Qualidade Oferecida
H.310	Videoconferência baseada em vídeo MPEG2 sobre ATM	Qualidade para <i>broadcast</i> e de alta qualidade
H.320	Videoconferência sobre RDSI	Alta qualidade
H.321	Videoconferência sobre ATM	Alta qualidade
H.323	Videoconferência sobre IP/ <i>Ethernet</i>	Qualidade <i>best effort</i>
H.324	Videoconferência sobre POTS	Baixa qualidade

A seguir, um breve relato a respeito dos principais padrões série H:

a) Padrão H.310

Define uma metodologia para a implementação de videoconferência sobre ATM baseada em MPEG2, a taxas entre 8 e 16 Mbps. Provê a transmissão de voz e vídeo de altíssima qualidade, sendo utilizada para as aplicações médicas (telemedicina) que requerem altos níveis de nitidez e fluência das imagens. Possibilita também a recriação da interatividade face-a-face, sendo a base para o estabelecimento de uma infraestrutura educacional capaz de fornecer um nível satisfatório de qualidade a fim de possibilitar instruções a classes remotas.

b) Padrão H.320

O padrão H.320 é uma pilha de protocolos que especifica os padrões para transporte de dados multimídia em redes comutadas a circuitos, como: a Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI), *Switched 64* (Datafone 64) e outras.

Foi o primeiro padrão a ser definido, servindo de referência às outras recomendações da família H.32x.

Esta recomendação, chamada *Narrow-Band Visual Telephone Systems and Terminal Equipment*, define taxas de *bits* de banda estreita (*narrow-band bit rates*), ou seja, taxas na faixa de 64 Kbps a 1920 Kbps. O H.320 consiste em um conjunto de recomendações, tais como: H.261, G.711, G.722, G.728, H.221, H.230, H.231, H.233, H.242 e H.243.

c) Padrão H.321

Descreve métodos de implementação de videoconferência em redes ATM com os mesmos incrementos de velocidade (128 Kbps, 384 Kbps, 768 Kbps, etc.), sendo completamente compatível com o padrão H.320 existente. É mais fácil e barata de implementar as altas velocidades necessárias para atender às exigências de uma videoconferência de alta qualidade. Oferece métodos para implementação de QoS, resultando em baixo atraso e imagens de vídeo mais nítidas e fluidas (ZANIN, 2000).

d) Padrão H.323

O padrão H.323 é uma extensão do H.320 que descreve padrões para comunicações multimídia sobre redes locais (LANs) que não fornecem uma qualidade de serviço (QoS) garantida.

O padrão H.323 fornece suporte para transmissões de áudio, vídeo e dados através das redes de comutação de pacotes, tendo como foco o TCP/IP, ou seja, *Ethernet*, *Fast Ethernet*, *FDDI* e *Token Ring*, além de também ser aplicado à *Internet*. Na prática, o H.323 é um padrão independente da camada de transporte, permitindo a sua implementação no topo de qualquer arquitetura de transporte de rede, incluindo o ATM.

As redes *Ethernet* têm sido muito utilizadas para a videoconferência baseada em computador, por ser de baixo custo e de fácil implantação, porém, pelo fato de não oferecerem QoS e os dados da videoconferência compartilharem banda com os outros dados que trafegam na rede, as redes *Ethernet* são mais usadas para videoconferências que não requerem alta qualidade de imagem e som, limitando o seu uso para aplicações mais simples, não oferecendo suporte para a videoconferência de grande porte, como, por exemplo, nas empresas ou na telemedicina.

A qualidade oferecida pela videoconferência em IP pode ser definida como *best effort*, ou seja, a taxa de transmissão dos sinais, fundamental para a manutenção da qualidade da conferência, é mantida conforme a disponibilidade da largura de banda da rede.

Os dados de controle e gerência são enviados utilizando o TCP e os dados de áudio e vídeo são transportados sobre UDP ou RTP (BORDIGNON, 2001).

O H.323 permite sessões ponto a ponto e multiponto e capacidade para transmissão *unicast* e *multicast*. Possui os seguintes componentes: H.225, H.245, H.261, H.263, G.711, G.722, G.723, G.728 e G.729.

e) Padrão H.324

A recomendação H.324 descreve padrões para comunicações multimídia sobre linhas telefônicas analógicas públicas e possibilita também a interoperabilidade de sistemas. Como resultado, usuários que possuem produtos de videoconferência de empresas diferentes irão poder se comunicar.

É uma modificação do padrão H.320 conhecida como Videoconferência sobre POTS (*Plain Old Telephone System*), ou seja, uma série de recomendações que definem padrões para áudio e vídeo em tempo real e transferência de dados em modems V.34 na Rede de Telefone Global Padrão (*Global Standard Telephone Network - GSTN*), sendo intitulada também como *Multimedia Terminal for Low Bit Rate Visual Telephone Services Over the GSTN*.

Os modems V.34 possuem uma largura de banda total de 28,8 Kbps, resultando numa qualidade de transmissão não muito boa.

H.324 possui as seguintes recomendações: H.263, G.723, H.223 e H.245.

3.4 Resumo do Capítulo

A padronização é um tema muito importante a ser questionado em qualquer área, principalmente quando se trata de tecnologia. Este capítulo foi totalmente voltado para esse tema, enfatizando-se a tecnologia de videoconferência.

Primeiramente foram apresentados os principais métodos e técnicas de compressão e descompressão de dados, de vídeo e de áudio e, logo depois, baseados nesses métodos, os principais padrões de digitalização e compressão de áudio e de vídeo utilizados na videoconferência.

Os protocolos de tempo real foram também apresentados para mostrar a importância da interatividade entre os participantes de uma videoconferência e também da

otimização de uma rede baseada em TCP/IP com relação aos dados que trafegam nesse tipo de ambiente.

Foram apresentados, resumidamente, os principais padrões para a comunicação em ambientes de videoconferência e também, de acordo com algumas tecnologias de rede (ATM, RDSI, IP/*Ethernet* e POTS), os padrões (H.310, H.320, H.321, H.323 e H.324) e seus respectivos níveis de qualidade.

Um bom projeto de implantação de ambientes de videoconferência implica no domínio tanto de conhecimentos de redes de computadores quanto de multimídia. O objetivo dos Capítulos 2 e 3 foi de apresentar o conteúdo necessário para o projetista poder avaliar o comportamento deste ambiente e propor, com segurança, o seu uso.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE AMBIENTES DE VIDEOCONFERÊNCIA

Como foi visto nos capítulos anteriores, a videoconferência é uma aplicação de natureza multimídia que utiliza uma rede com uma considerável largura de banda.

Durante a elaboração do projeto de um ambiente de videoconferência, projetistas, analistas e planejadores de sistemas de informações costumam se preocupar demasiadamente com as questões associadas ao uso e a implementação dos sistemas e esquecem, ou melhor, deixam para depois os assuntos referentes ao desempenho, porém esse tipo de procedimento pode vir a ser perigoso e causar a desistência de uso deste ambiente por parte dos usuários, além de danos irreversíveis à empresa.

A Engenharia de Desempenho é uma das abordagens que vem sendo desenvolvida para estimar, com apurado grau de certeza, o desempenho de um sistema antes mesmo que este tenha saído do papel. Através de sofisticadas técnicas estatísticas e de modelagem matemática, os projetistas podem imaginar e testar uma série de opções e esquemas para as redes, considerando seus inúmeros componentes e aplicações, simulando cada variação para determinar qual delas oferece a melhor resposta em termos da relação custo/desempenho.

São as técnicas e ferramentas oriundas da engenharia de desempenho que permitem, também, planejar a futura capacidade dos sistemas. O planejamento de capacidade segundo MENASCÉ et al. (1994) é:

"A habilidade de predizer de qualquer modo se um sistema de computador será capaz de suportar o crescimento de aplicações já existentes, uma mudança nos parâmetros e configurações do sistema ou a adição de novas aplicações sem violar os níveis de serviço especificados pelo usuário..."

Na reportagem de Juliana Vercelli (VERCELLI, 1999) observa-se que a metodologia de planejamento de capacidade é considerada fundamental para garantir o pleno funcionamento da rede. O professor Virgílio Almeida, autor de vários livros sobre

planejamento de capacidade (entre os quais o que foi citado no parágrafo acima), entrevistado por Juliana Vercelli, explica:

“Uma coisa é gerenciar a rede – administrar os recursos e funções associadas ao ambiente como um todo –, outra é planejá-la. Nesse caso, planejar significa dispor de métodos para identificar qual é a configuração necessária para a rede. E a metodologia de planejamento de capacidade trata de coletar dados e antever os problemas”.

A engenharia de desempenho utiliza duas métricas clássicas para medir o desempenho:

- **Throughput:** É a visão dos servidores e administradores da rede. É medido em termos de mensagens, chamadas, transações ou sessões operadas num determinado período de tempo. Por exemplo, transações por segundo, *bytes* por segundo, *pixels* por segundo, pacotes por segundo e quadros por segundo.
- **Tempo de Resposta:** Refere-se à qualidade dos serviços ofertados pela rede e, portanto, aos clientes. É a medida da quantidade de tempo necessário para a realização do serviço. Geralmente é medido em termos médios, isto é, mede-se um certo número de transações realizadas e estima-se o tempo médio por transação.

Porém, além dessas duas métricas, fatores como: confiabilidade, disponibilidade e os custos associados a cada um deles são também importantes para a comparação entre alternativas de projetos, sendo que:

- **Confiabilidade:** Mede a ocorrência de falhas durante o processamento dos serviços. *Mean Time to Failure* (MTTF) é uma medida de confiabilidade.
- **Disponibilidade:** É a métrica usada para representar a percentagem de tempo que um sistema está disponível durante um período de observação.

Como em qualquer abordagem, o emprego de uma metodologia implica em um menor esforço para o alcance dos objetivos preestabelecidos. A Metodologia de Avaliação de Desempenho, segundo MENASCÉ et al. (1994), é composta dos seguintes passos:

- Compreensão do Ambiente;
- Caracterização da Carga de Trabalho;
- Desenvolvimento, Validação e Calibragem do Modelo de Carga;
- Desenvolvimento, Validação e Calibragem do Modelo de Desempenho;
- Previsão da Carga de Trabalho;
- Previsão do Desempenho do Sistema.

Além dos passos citados acima, existem alguns passos adicionais visando o planejamento de capacidade, dentre eles:

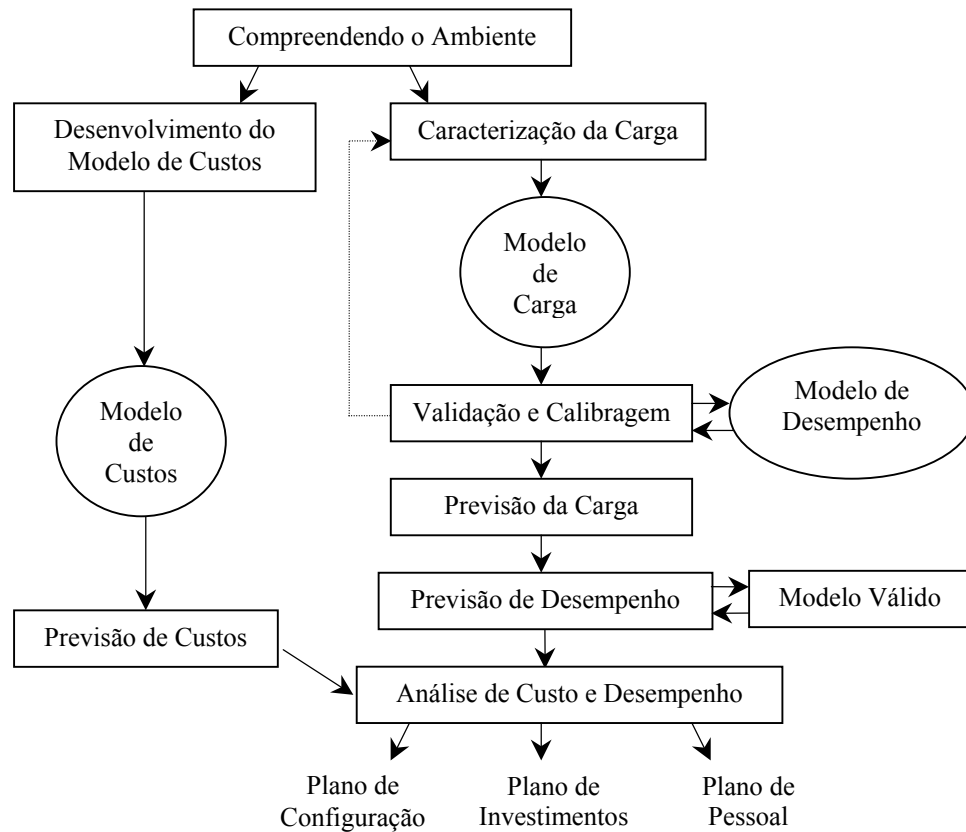
- Projeto Experimental;
- Análise de Resultados;
- Desenvolvimento de um Modelo de Custos;
- Previsão de Custos;
- Análise de Custo/Desempenho.

A dissertação de mestrado da Lilian Nassif (NASSIF, 1997) é um exemplo de como a Metodologia de Planejamento de Capacidade descrita por MENASCÉ et al. (1994) trata cientificamente o comportamento de uma rede de comunicação. Através de métodos, técnicas e ferramentas apropriadas, a metodologia ajudou a entender o comportamento da rede de longa distância (WAN) da Rede Municipal de Informática (RMI) de Belo Horizonte - MG, prevendo a futura mudança que será realizada nos perfis das aplicações da RMI e como essas mudanças poderão refletir na tecnologia adotada na WAN.

Serão apresentadas as etapas da metodologia de avaliação de desempenho para uma rede de videoconferência, conforme o fluxograma ilustrado na Figura 4.1.

Outro ponto a ser tratado neste capítulo é com relação a qualidade dos serviços prestados aos usuários da videoconferência. Item fundamental que projetistas, analistas e planejadores de sistemas de informações devem se preocupar durante todo o processo de avaliação de desempenho e de planejamento de capacidade.

FIGURA 4.1: Metodologia de Planejamento de Capacidade.



4.1 Qualidade de Serviço (*Quality of Service - QoS*)

Uma definição de QoS é dada na recomendação I.350 do ITU-T (INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION, 1992 *apud* DINIZ, 1998): “Qualidade de serviço é definido como o efeito coletivo do desempenho de um serviço, o qual determina o grau de satisfação de um usuário do serviço”.

O grau de satisfação de um usuário depende muito do objetivo, da abrangência e da importância aplicada ao serviço utilizado, contudo todo serviço ofertado possui alguns quesitos mínimos de qualidade para poder prover a satisfação dos seus usuários.

O objetivo básico de qualquer sistema de videoconferência deve ser de, pelo menos, proporcionar a transmissão e o recebimento de áudio e vídeo no mínimo entre dois participantes, numa conexão ponto a ponto.

A qualidade de serviço (QoS) pode ser descrita sob vários pontos de vista:

Sob o ponto de vista do usuário da aplicação, QoS é vista como um conjunto de características. Numa videoconferência, essas características podem ser:

- A qualidade da imagem em termos de nitidez.
- A fluência dos movimentos do vídeo para possibilitar, por exemplo, com que os participantes consigam perceber as expressões faciais uns dos outros, podendo ser um fator importante para o entendimento de uma conversa.
- A qualidade do áudio. O áudio (voz) deve ser claro o bastante para permitir o entendimento das mensagens. Não são tolerados pausas ou cortes.
- O sincronismo entre o áudio e o vídeo para que seja mantida a interatividade da videoconferência.
- A fluência da transmissão e recebimento dos dados gerados pela videoconferência. A rapidez com que os dados são enviados e recebidos pelos participantes é fator essencial para uma aplicação de tempo real.

Sob o ponto de vista da rede, essas características são traduzidas para um conjunto de parâmetros, como:

- Largura de banda necessária para transmissão das informações.
- Retardo máximo permitido para cada mídia.
- Quantidade de pacotes perdidos.
- Taxa aceitável de erro de cada tipo de informação que está sendo transmitida.

Os principais parâmetros sob o ponto de vista da rede estão descritos no Capítulo 2.

Uma rede que possui qualidade de serviço satisfatória deve proporcionar capacidade suficiente para viabilizar as aplicações a que é destinada, portanto, para prover uma videoconferência em um nível de qualidade aceitável para o usuário, a rede deve oferecer um certo nível de qualidade do serviço. A Tabela 3.4 no Capítulo 3 ilustra esses níveis de qualidade de acordo com cada rede empregada na videoconferência.

Os três principais elementos a serem observados para que a qualidade de serviço seja satisfeita são, portanto:

- **Nível de Serviço:** O sistema deve prover valores aceitáveis e adequados para todas as variáveis de desempenho (métricas), tais como: o tempo de resposta e o *throughput*. Deve ser estabelecido em conjunto com usuários e gerência de desempenho. Como exemplo, serão citados alguns parâmetros utilizados para definir o nível de serviço em redes orientadas à conexão: as características de atraso fim-a-fim, a probabilidade de perda de células e a taxa de *bits* errados.
- **Tecnologia e Padrões:** Deve-se preocupar com os problemas de interoperacionalização de sistemas (*software* e *hardware*), como por exemplo: padrões de compressão definidos pelo ITU-T *versus* padrões proprietários. O uso de equipamentos e *codecs* variados em combinação com diferentes topologias de rede pode ser uma solução, porém dependerá de diversos fatores. Em geral, quanto mais padronizações menores são as chances de erros. Os principais padrões de videoconferência foram descritos no Capítulo 3.
- **Restrições de Custos:** Não haveria tanta dificuldade em alcançar as metas de QoS se não houvesse restrições nos orçamentos. Tais restrições limitam o espaço de soluções. O orçamento deve relacionar custos de instalação e custos de operação. Os de instalação envolvem *software*, *hardware*, instalação, pessoal e treinamento inicial. Já os de operação implicam na manutenção de *software* e *hardware*, telecomunicações e pessoal.

4.2 Metodologia para Avaliação de Desempenho e Planejamento de Capacidade

Esta metodologia, segundo MENASCÉ et al. (1994), foi desenvolvida para obter respostas para quatro perguntas básicas:

- Qual é a atual capacidade instalada?
- Quais serviços deveriam ser providenciados no futuro?
- Quais são os objetivos de qualidade planejados para os serviços?
- Qual é a configuração do sistema de melhor custo-efetivo para lidar com os serviços atual e futuro e ainda satisfazer os objetivos de qualidade planejados?

As etapas da metodologia são descritas a seguir:

4.2.1 Compreensão do Ambiente

Esta etapa consiste no conhecimento do ambiente sobre o qual se pretende realizar o projeto. No caso deste trabalho, esta etapa consiste na compreensão do ambiente de videoconferência, ou seja, do *hardware* (equipamentos para transmissão, recepção e gravação de áudio, vídeo, textos, etc.), do *software* (sistemas operacionais, editores de texto, banco de dados, gerenciadores de tráfego, etc.), dos elementos de conectividade (modems, roteadores, etc.) e dos protocolos envolvidos neste ambiente. No que diz respeito às questões de tráfego, os períodos de pico, as estruturas de gerência e os níveis de QoS definidos.

Essas informações são normalmente obtidas através de reuniões, entrevistas, questionários, documentos de planejamento e projetos, etc.

Esta etapa é muito importante, pois ajuda o analista a limitar o alcance de um estudo de planejamento de capacidade e reduz tempo e custo envolvidos no projeto.

4.2.2 Compreensão e Caracterização da Carga de Trabalho

A caracterização da carga de trabalho é o processo que descreve, de forma quantitativa e qualitativa, o perfil de toda a carga incidente sobre o sistema.

A carga total de um sistema pode ser definida como o conjunto de todos os *inputs* (entradas, transações, requisições, transferências, etc.) que um sistema recebe do ambiente onde se encontra, durante um determinado período de tempo.

A carga total de um sistema, normalmente, é decomposta em subconjuntos, conhecidos como componentes básicos ou classes clientes, os quais são compostos de *inputs* com características semelhantes.

Esta etapa visa estabelecer um modelo de carga para o sistema sobre estudo. O modelo de carga de trabalho é uma representação da carga real do sistema, porém dificultaria a análise se fosse composto de milhares de componentes básicos. Neste caso, é preciso reduzir e resumir a informação necessária à descrição da carga de trabalho, portanto é preciso construir um modelo compacto que ofereça as características mais importantes e relevantes da carga real.

O modelo de carga de trabalho procura capturar as demandas por recursos bem como as características de intensidade de carga submetida ao sistema devido aos diferentes tipos de transações e requisições.

Normalmente, para obter um modelo compacto, os recursos escolhidos são aqueles que mais afetam o desempenho do sistema.

A caracterização da carga de trabalho é composta dos seguintes passos:

4.2.2.1 Definição da Perspectiva de Análise

A carga total de um sistema distribuído é uma combinação de diferentes cargas observadas pelos diferentes componentes do sistema. Por exemplo, o tempo de resposta de uma conversa entre dois pontos distantes utilizando videoconferência é resultante do tempo de residência da transação em todos os recursos por ela utilizados, tais como: equipamentos utilizados pelos usuários e a rede de transmissão.

Se for observado que a qualidade da conversa está sendo afetada (sofrendo degradação) devido o tempo de residência em um determinado *codec*, ou seja, o algoritmo de compressão está levando muito tempo para comprimir um determinado tipo de mídia, a análise deve ser feita com relação ao desempenho desse *codec*.

Uma vez definida sob que perspectiva o sistema deverá ser examinado, se fará a análise do elemento escolhido.

4.2.2.2 Identificação dos Componentes Básicos

Neste passo, os componentes básicos que compõem a carga de trabalho são identificados. A escolha dos componentes depende da natureza do serviço fornecido pelo sistema e do propósito da caracterização.

4.2.2.3 Definição do Conjunto de Parâmetros que Melhor Caracterizem a Carga

Uma vez identificados os componentes básicos da carga de trabalho, é preciso escolher quais parâmetros melhor caracterizam cada um deles.

Esses parâmetros são divididos em dois grupos:

- **Intensidade da Carga de Trabalho:** É uma indicação do número de *inputs* que estarão sendo sustentados pelos recursos do sistema.
- **Demanda de Serviço:** É a demanda solicitada por cada componente básico sobre cada recurso utilizado.

4.2.2.4 Monitoração e Coleta de Dados

É neste passo que se atribui valores aos parâmetros de cada componente do modelo de carga. As seguintes tarefas devem ser realizadas:

- Identificar a janela de tempo que define a sessão de medição. Trata-se de um intervalo de tempo, no qual o sistema, a carga de trabalho e os índices de desempenho serão observados. A determinação deste intervalo depende da natureza do negócio da empresa e costuma ser definida pela observação contínua do sistema por períodos que podem compreender horas ou mesmo dias ou semanas. Um exemplo de janela de tempo seria o intervalo de tempo que compreende as horas de pico dos dias de pico de um determinado serviço prestado, por exemplo, por uma loja.
- Monitorar e medir as atividades do sistema durante o intervalo definido (janela de tempo). Ferramentas disponíveis no sistema operacional, monitores de rede (*sniffers*), monitores de *hardware* e monitores de *software* podem ser empregados para esse fim.
- A partir dos dados coletados, atribuir os valores necessários aos parâmetros de cada componente.

4.2.2.5 Partição da Carga de Trabalho

Cargas reais de trabalho podem ser entendidas como uma coleção de componentes heterogêneos (de naturezas diferentes). Por exemplo, o nível de utilização de uma rede por um vídeo difere da de um simples texto. Por causa da heterogeneidade, a representação de uma carga por uma única classe pode deixar a desejar em termos de precisão de resultados.

Dependendo do objetivo do estudo do planejamento de capacidade, as cargas de trabalho podem ser refinadas (particionadas).

A partição da carga de trabalho traz as seguintes vantagens: melhorar a representatividade da caracterização e aumentar o poder de previsão do modelo de cargas. Esta última vantagem é de grande importância, uma vez que as metodologias de previsão (para planejamento de capacidade) recaem sobre indicadores chave que estão rigorosamente associados com classes específicas de cargas de trabalho.

Particionar a carga de trabalho implica em dividi-la numa série de classes de tal forma que sua população (interior da classe) seja formada por elementos quase

homogêneos (ou seja, que possuem características semelhantes). Esses elementos são conhecidos como componentes básicos. O principal problema aqui é definir qual atributo deve ser utilizado para definir a similaridade.

4.2.2.6 Construção do Modelo de Carga

Implica na determinação dos parâmetros de cada classe de componente. Duas técnicas são as mais empregadas: Média e *Clustering*. A explicação de cada uma destas técnicas pode ser obtida em MENASCÉ et al. (1994). Outros métodos também podem ser aplicados na construção do modelo, tais como: histogramas de parâmetros simples e múltiplos, análise do componente principal e modelos de *Markov*.

4.2.2.7 Validação e Calibração de Modelos de Carga

Os modelos de carga devem ser validados com o objetivo de não comprometer os resultados. Modelos muito detalhados implicam em perda de eficiência computacional e modelos muito abstratos implicam em perda de enfoque e precisão.

O teste de validação de um modelo de carga deve ser feito da seguinte forma:

- Coletar a carga real do sistema e a carga do modelo;
- Aplicar as cargas em cada sistema (real e modelo);
- Medir tempo de resposta, utilização de recursos e *throughput* em cada sistema;
- Comparar as medições de cada sistema;
- Se a margem de erro da carga do modelo em relação à carga real for até 30%, o modelo de carga é aceito; caso contrário, calibrar o modelo e repetir novamente todos os passos.

4.2.2.8 Previsão da Carga de Trabalho

As cargas de trabalho podem mudar depois de um certo tempo, ou seja, elas podem crescer ou diminuir, dependendo da perspectiva do negócio da empresa. Porém, o aumento da carga de trabalho é a situação mais comum e que deve ser observada com mais atenção. O crescimento da carga pode vir do aumento no volume processado pelas aplicações existentes, o aumento do ambiente da aplicação e a inclusão de novas aplicações e de novas tecnologias.

A previsão da carga de trabalho tem como objetivo estimar o comportamento futuro da carga sobre o sistema. Nesta etapa, deve-se conseguir prever o desempenho do sistema, considerando as diversas aplicações e as variações nos parâmetros das cargas já existentes e os parâmetros para as novas cargas, diante de diferentes cenários de demanda.

4.2.3 Modelos e Previsão de Desempenho

Esta etapa permite a realização de simulações computacionais, as quais tornam possíveis verificar o desempenho do sistema em estudo através de vários cenários com configurações diferentes.

O processo de previsão de desempenho implica em estimar (por meio de modelos) os valores de determinadas variáveis de desempenho (como: tempo de resposta, utilização de recursos e *throughputs*), em função de um conjunto de parâmetros.

Estes parâmetros podem ser classificados como:

- **Parâmetros do Sistema:** São aqueles relacionados com o desempenho do sistema. Por exemplo: protocolos de rede e o número máximo de pontos suportados pela rede de videoconferência.
- **Parâmetros de Recursos:** São aqueles relacionados com o desempenho dos recursos fornecidos pelo sistema. Por exemplo: largura de banda de redes, atraso no *codec* e retardo máximo nos roteadores.

- **Parâmetros de Carga:** São aqueles derivados da caracterização da carga de trabalho submetida ao sistema. Por exemplo: parâmetros de intensidade da carga de trabalho e parâmetros de demanda de serviço.

Estes modelos são criados baseados em um número maior ou menor de detalhes sobre o sistema real. O nível de detalhamento destes modelos dependerá dos objetivos que se pretende alcançar e das informações e ferramentas disponíveis. As informações obtidas através dos modelos de desempenho irão ajudar na tomada de decisão.

Dois são os tipos de modelos de desempenho mais utilizados atualmente:

a) Modelo Analítico

Baseia-se na resolução de fórmulas matemáticas e/ou algoritmos computacionais, a partir dos parâmetros fornecidos pelo modelo de desempenho e pelo modelo de carga para o sistema sob análise. Normalmente, são modelos que exigem poucos detalhes, geram respostas rápidas e são montados em planilhas eletrônicas.

b) Modelo de Simulação

A simulação é uma ferramenta muito poderosa para modelagem, para avaliação de desempenho e para previsão da capacidade das redes de computadores por permitir a redução de riscos na tomada de decisão.

O processo de simulação consiste na criação do modelo de um sistema real ou imaginário, com o propósito de avaliar seu comportamento sobre diferentes condições através de testes de cenários. Normalmente, são baseados em programas de computadores e são utilizados quando o nível de detalhes é muito grande e sua lógica muito complexa.

Este modelo, por meio de representações matemáticas e lógicas do mundo real, converte parâmetros e dados de entrada em respostas que caracterizam o comportamento do sistema real, prevendo-se consequências e resultados.

Trata-se de um estudo de baixo custo, visto que todo o trabalho pode ser feito sem interferir no sistema real, possibilitando a implantação da melhor solução, eliminando os riscos dos testes mal sucedidos.

4.2.3.1 Validação e Calibração do Modelo de Desempenho

As mesmas relações entre perda de eficiência computacional, nível de abstração e perda de enfoque e precisão comentados no item de validação de modelos de carga (item 4.2.2.7) também são aplicadas nesta etapa.

A validação consiste em assegurar que o modelo e os inúmeros pressupostos e simplificações adotados no seu desenvolvimento sejam razoáveis e, se corretamente implementados, tenham um comportamento e produzam resultados semelhantes aqueles observados nos sistemas reais.

O teste de validação de um modelo de desempenho deve ser feito da seguinte forma:

- No sistema real, aplicar técnicas de medições para obter o tempo de resposta, utilização de recursos e *throughput*, além de comparar as observações geradas;
- No modelo do sistema, aplicar cálculos ou obter amostras para o tempo de resposta, utilização de recursos e *throughput*;
- Comparar as informações coletadas de cada sistema (real e modelo);
- Se a margem de erro do desempenho do modelo em relação ao desempenho real for aceitável, o modelo é aprovado; caso contrário, calibrar o modelo e repetir novamente todos os passos.

A análise e a avaliação de modelos de desempenho podem ser feitas através do conhecimento do sistema real por parte de especialistas, através de testes estatísticos entre o sistema real e o modelado e também através de medições obtidas nos sistemas reais.

Quando não existem especialistas com conhecimento do sistema real e nenhum sistema real para ser observado, uma prática é a modelagem do sistema para fins de avaliação analítica do mesmo.

4.2.4 Modelos e Previsão de Custos

Estes modelos têm a função de contabilizar os dispêndios relacionados ao *software*, *hardware*, telecomunicações e suporte.

Os custos são usualmente subdivididos em duas parcelas:

- **Custos Iniciais:** Se refere a todas as parcelas envolvidas na compra e implementação do sistema.
- **Custos de Operação e Manutenção:** Tratam das despesas com manutenção, pessoal, atualização de *software* e *hardware*, infra-estrutura, energia, segurança, serviços de telecomunicação, consultorias, etc.

4.2.5 Análise de Custo/Desempenho

Para cada cenário ou configuração que apresente desempenho compatível com a QoS desejada, uma análise de custo deve ser realizada.

No final, um plano de negócio deverá ser escrito para cada relação custo/desempenho, contendo um plano de configuração (atualizações necessárias no *hardware*, *software*, redes e arquitetura de sistemas), um plano de investimentos (orçamento e cronograma de desembolso) e um plano de pessoal (estabelecendo novas contratações, treinamento, etc.).

A partir dos resultados obtidos com o modelo de desempenho e depois da análise de cada plano de negócio, deve ser selecionada a alternativa que apresenta a melhor relação custo/desempenho.

4.3 Análise e Projeto de Experimentos

Para medir o desempenho de um sistema, como foi citado acima, se utiliza normalmente duas métricas: tempo de resposta e *throughput*. Estas métricas e outros

tipos de medidas que vierem a ser necessárias podem ser chamadas de variáveis de resposta quando servirem de resultado para um certo experimento.

Um experimento é a combinação de vários itens que afetam as variáveis de resposta e seus respectivos valores.

Cada um destes itens é conhecido como fator e seus valores são conhecidos como níveis. Em outras palavras, cada nível do fator constitui uma alternativa para aquele fator.

Geralmente, o desempenho de um sistema depende de mais de um fator (por exemplo, carga de trabalho).

Cada fator pode ser classificado como:

- **Fator Primário:** É aquele cujo efeito necessita ser quantificado.
- **Fator Secundário:** É aquele que pode incidir sobre o desempenho, mas cuja incidência não necessita ser quantificada no momento.

Para obter o máximo de informações com um número mínimo de experimentos se faz uso de um projeto experimental formal. Um projeto experimental consiste da especificação do número de experimentos (combinações entre fatores e seus níveis) e do número de replicações (repetições) de cada experimento.

Uma análise formal de experimentos ajuda na separação dos efeitos de cada fator que podem comprometer o desempenho. Além de permitir determinar se um fator tem um efeito significativo ou se a diferença observada é simplesmente devido a variações randômicas causadas por parâmetros que não foram controlados e por erros de medidas.

Durante uma análise formal é necessário verificar se dois fatores interagem entre si, ou seja, se o efeito de um depende do nível do outro. Por exemplo, a Tabela 4.1 mostra o desempenho de um sistema com dois fatores (A e B). Na situação (a), quando o fator A é trocado do nível A_1 para o nível A_2 , o desempenho é incrementado em 2, independente do nível do fator B. Neste caso, não há interação. Porém, quando o fator A é trocado do nível A_1 para o nível A_2 , o desempenho aumentou em 2 ou em 3 dependendo se B está no nível B_1 ou no nível B_2 , respectivamente. Os dois fatores interagem neste caso (situação (b)).

TABELA 4.1: Fatores *versus* Interação.

Níveis	A ₁	A ₂
B ₁	3	5
B ₂	6	8

a) Fatores sem Interação

Níveis	A ₁	A ₂
B ₁	3	5
B ₂	6	9

b) Fatores com Interação

4.3.1 Tipos de Projetos Experimentais

Existe uma grande variedade de projetos experimentais, onde os mais usuais serão apresentados a seguir:

a) Projetos Simples

Inicia-se com uma configuração típica, variando um fator por vez, observando como este fator afeta o desempenho.

Para saber o número de experimentos que serão requeridos neste tipo de projeto, deve-se aplicar a seguinte fórmula:

$$e = 1 + \sum_{i=1}^k (n_i - 1)$$

Onde, **e** é o número de experimentos, **k** é o número de fatores usados no projeto e **n** é a quantidade de níveis de cada fator.

Este tipo de projeto, porém, não faz o melhor uso do esforço realizado. Não é eficiente. Se os fatores têm interação, este projeto pode levar a conclusões erradas.

b) Projeto Fatorial Completo

Utiliza todas combinações possíveis de todos os níveis e de todos os fatores. O número de experimentos poderá ser obtido através da aplicação da fórmula abaixo:

$$e = \prod_{i=1}^k n_i$$

Onde, **e**, **k** e **n** são números de experimentos, números de fatores e quantidade de níveis de cada fator, respectivamente.

A vantagem deste tipo de projeto é que todas as combinações possíveis de configuração e carga são examinadas. É possível encontrar o efeito de todos os fatores incluindo fatores secundários e suas interações. O principal problema é o custo do estudo. Pode custar muito conduzir estes experimentos, especialmente quando são repetidos várias vezes. Existem três caminhos para reduzir o número de experimentos:

- Reduzir o número de níveis por fator;
- Reduzir o número de fatores;
- Usar projetos fatoriais fracionários.

c) Projeto Fatorial Fracionário

Um projeto fatorial completo pode vir a ter um número de experimentos muito grande e dificultar a análise, além de gastar muito tempo e ser muito dispendioso. Isto pode acontecer se existir uma grande quantidade de fatores ou de níveis. Para solucionar este problema, pode-se usar somente uma fração do projeto fatorial completo.

A vantagem deste tipo de projeto é que economiza tempo e custos quando comparado com o projeto fatorial completo. A desvantagem é que a informação obtida de um projeto fatorial fracionário é menor que aquela obtida em um projeto fatorial completo, podendo, por exemplo, não ser possível entender as interações entre os fatores.

4.4 Resumo do Capítulo

O objetivo deste capítulo é relacionar a área de engenharia de desempenho com o ambiente de videoconferência.

Através da descrição de uma metodologia para avaliação de desempenho e planejamento de capacidade pode-se observar o quão é interessante e importante essa área para a compreensão do ambiente atual e sua previsão quanto ao custo e ao desempenho.

Para que o usuário de videoconferência fique satisfeito com o serviço prestado, foi comentado neste capítulo a importância da qualidade de serviço (QoS), sendo descrita sobre o ponto de vista do usuário e da rede de comunicação. Foram mostrados também os elementos que devem ser observados para fornecer garantias de QoS.

No próximo capítulo, será realizada uma análise de um estudo de caso através da aplicação desta metodologia, a fim de mostrar a sua importância quando aplicada no início de um projeto.

CAPÍTULO 5

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA - ANÁLISE DE UM ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, aplica-se a metodologia de avaliação de desempenho descrita no Capítulo 4. Esta avaliação possibilitará a realização da análise da infra-estrutura de um sistema de videoconferência com base na comparação de seu desempenho diante de cenários distintos.

Será analisado o projeto do Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado do Pará (CEFET-PA) para a implantação de salas de videoconferência entre a sede (em Belém) e suas unidades de ensino (UNED's) (em Altamira, Marabá e Tucuruí).

É importante a aplicação da metodologia de avaliação de desempenho no início da elaboração dos projetos para diminuir tempo de implantação e custos envolvidos.

5.1 Compreensão do Ambiente de Videoconferência do Estudo de Caso

Em virtude do CEFET-PA não dispor de grandes recursos financeiros para implantação do projeto, o mesmo deverá ter custos compatíveis com esta realidade e, ao mesmo tempo, a necessária qualidade.

A videoconferência proposta será utilizada para o ensino a distância e também para reuniões interativas entre funcionários do CEFET-PA e das UNED's.

A rede será constituída de quatro salas de videoconferência. Cada sala será projetada para comportar até 25 pessoas.

Em cada sala de videoconferência serão instalados os seguintes equipamentos do mesmo fabricante:

- Um equipamento de áudio e vídeo e *codec*;
- Uma câmera principal;
- Uma câmera de documentos;
- Um monitor de televisão colorido, de no mínimo 33”;
- Microfones de mesa, sendo capaz de capturar sons com cobertura de 360°;
- Alto-falantes;
- Teclado de comando;
- Um microcomputador para compartilhamento de dados nas sessões de videoconferência;
- Interface de Rede RDSI;
- Interface de Rede V.35;
- Interface LAN *Ethernet* 10/100 Mbps;
- Um quadro branco interativo (tipo *Touchscreen*);
- Um videocassete;
- Um projetor multimídia servindo de auxiliar do monitor principal.

Como o projeto visa tanto sessões ponto a ponto quanto multiponto, é necessária uma Unidade de Controle Multiponto (MCU). Esse equipamento será instalado no CEFET-PA em Belém e deverá possuir as seguintes características:

- Possuir porta de comunicação padrão RDSI;
- Flexibilidade de configuração de interfaces com, no mínimo, os seguintes módulos: T1/ISDN PRI, E1 (ETSI 300) e V.35/RS449/EIA-530/RS366;
- Deverá ser capaz de, sem que haja necessidade de substituir o chassi cotado, agregar recursos internos que suportem a interconexão (“cascateamento”) com outra MCU;
- Deverá apresentar chaveamento ativado por voz, ou seja, o equipamento mudará automaticamente o vídeo quando o interlocutor muda;
- Deverá permitir usuários manter diferentes taxas de transferência, numa faixa de 56 Kbps a 768 Kbps, durante uma videoconferência.

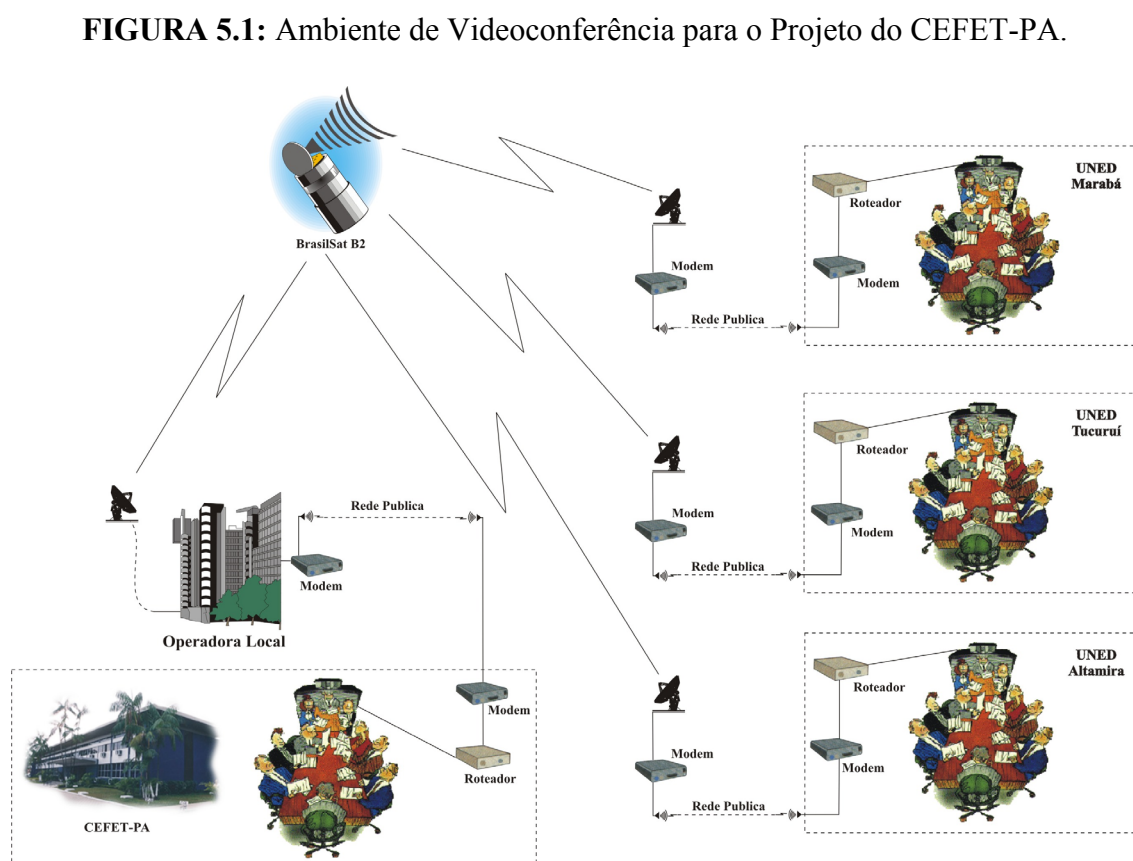
Em Belém, se concentrará um *software* de gerenciamento de toda a rede.

Os equipamentos, como quadro branco interativo e microcomputadores, possuirão *softwares* próprios para permitir o desempenho de suas funções, como por exemplo, *softwares* de edição de texto, de banco de dados, de transferência de dados, planilhas eletrônicas e editores gráficos.

A conectividade será através de modems e roteadores instalados nas quatro salas de videoconferência.

O serviço de comunicação será disponibilizado pelas operadoras de longa distância. Entre as cidades escolhidas, o meio de transmissão será via satélite, devido não possuírem, no momento, ligações terrestres para comunicação de dados de alta velocidade utilizando fibra óptica. Dentro das cidades, ou seja, da sala de videoconferência até a operadora, o meio de comunicação é via rede pública através de fibra óptica. O circuito será dedicado, porém a sua utilização será discada.

A Figura 5.1 mostra o ambiente de videoconferência para o projeto do CEFET-PA.



Os protocolos de comunicação, de áudio, de vídeo, de dado e de tempo real deverão ser compatíveis com as recomendações emitidas pelo ITU-T, conforme explicação dada no Capítulo 3.

Considera-se que o serviço a ser ofertado pelo ambiente de videoconferência será, inicialmente, transmitido para até três pontos remotos com uma sessão de uma hora de duração de segunda a sexta-feira, no horário comercial.

Os requisitos de qualidade (QoS) seguirão as recomendações citadas no item 4.1 do Capítulo 4.

5.2 Compreensão e Caracterização da Carga de Trabalho

A videoconferência é uma aplicação que consome largura de banda e requer alto poder de processamento dos seus equipamentos. Quanto mais qualidade for exigida na transmissão da videoconferência, maior deve ser a largura de banda e maior o poder de processamento dos equipamentos envolvidos.

Algumas falhas na transmissão podem vir da falta de um adequado dimensionamento da largura de banda utilizada, do compartilhamento das mídias dentro da rede em tempo real e da falta de preocupação com a qualidade de serviço a ser ofertado para o usuário.

A carga total do ambiente de videoconferência é composta dos seguintes componentes básicos:

- O vídeo captado pela câmera principal;
- A imagem captada pela câmera de documentos;
- O som (áudio) captado pelos microfones;
- Os arquivos de textos, gráficos, figuras e programas que estão sendo compartilhados.

Os parâmetros que melhor caracterizam a carga de cada componente básico quanto à sua intensidade são: número de taxas aceitáveis de erros de *bit* e de pacotes, número de sessões ativas por dia, número máximo de pontos suportados pela rede, número de

pacotes enviados por segundo e o número de quadros mostrados por segundo (taxa de quadros).

Quanto à demanda de serviço, os parâmetros são: o tempo gasto por um determinado *codec* para comprimir e descomprimir cada componente básico, o retardo máximo permitido para cada componente durante a sua transmissão e a largura de banda necessária para transmissão das informações.

A videoconferência, considerada neste estudo de caso, terá duração de uma hora, de segunda a sexta-feira, em horário comercial. Portanto a janela de tempo para a medição dos parâmetros poderá estar compreendida entre o horário normal e o horário de pico. Os horários de pico, conforme experiência das operadoras locais, compreendem das 10:00 às 11:00 h e das 14:00 às 16:00 h.

Como o presente estudo é realizado em um ambiente de videoconferência que será ainda implementado, não há possibilidade de monitorar e coletar informações para os parâmetros que caracterizam a carga real do sistema. Consequentemente, a construção do modelo de carga fica comprometida. Por esse motivo, recorre-se a um projeto experimental a fim de ajudar nas tomadas de decisões quanto ao desempenho do sistema, considerando alguns cenários típicos para o ambiente. Os resultados do projeto experimental, gerados para as análises, foram obtidos por meio de um modelo analítico de desempenho, criado em uma planilha eletrônica. A seguir, comenta-se sobre este modelo e logo depois sobre o projeto.

5.3 Modelo de Desempenho

Um modelo de desempenho tem como objetivo estimar os valores de determinadas variáveis de desempenho ou de resposta em função de um conjunto de parâmetros.

No modelo de desempenho construído, a variável de resposta escolhida foi a taxa de transmissão. A taxa de transmissão é a quantidade de *bits* gerados pelo vídeo e pelo áudio, transmitidos por segundo. Com base na taxa de transmissão, será possível avaliar a qualidade da transmissão, ou seja, quanto maior a taxa, maior será a fluência da transmissão das mídias, facilitando a interatividade entre os participantes.

Os parâmetros utilizados no modelo são o tráfego gerado pelas mídias que mais consomem largura de banda (áudio e vídeo) e a velocidade de transmissão.

Para calcular o tráfego gerado por um único quadro de vídeo, sem aplicar nenhum método de compressão, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Vídeo} = \text{Formato do Quadro} \times \text{Cores}$$

Sendo que:

- **Formato do Quadro** é o número de *pixels* que cada resolução de vídeo possui (por exemplo, SQCIF = 128 x 96 *pixels*);
- **Cores** é a quantidade de *bits* que representam as cores de um determinado *pixel* (ou seja, preto ou branco = 1 *bit* por *pixel*, 256 tons de cinza = 8 *bits* por *pixel* e RGB = 24 *bits* por *pixel*).

Maiores detalhes sobre o vídeo poderão ser obtidos no Capítulo 2.

A Tabela 5.1 mostra o resultado da fórmula apresentada acima.

TABELA 5.1: Tráfego Gerado pelo Vídeo sem Compressão (em *bits*).

Resolução do Quadro (<i>pixels</i>)		Tráfego gerado sem compressão / Cor		
		Preto / Branco	256 Tons de Cinza	RGB
SQCIF	128 x 96	12.288	98.304	294.912
QCIF	176 x 144	25.344	202.752	608.256
CIF	352 x 288	101.376	811.008	2.433.024
4CIF	704 x 576	405.504	3.244.032	9.732.096
16CIF	1408 x 1152	1.622.016	12.976.128	38.928.384

Conforme a Tabela 5.1, o volume de dados gerados por um vídeo pode vir a ser muito grande. Dependendo da escolha do tipo de resolução do quadro, da cor e da quantidade de quadros transmitidos por segundo (taxa de quadros), é praticamente impossível, devido ao custo, de serem transmitidos em tempo real nas atuais redes de comunicação disponíveis. Por isso, a utilização de métodos de compressão se torna imprescindível. Devido à variedade de métodos existentes, a dificuldade de determinar a taxa de compressão de cada um e, objetivando facilitar a análise do projeto experimental

(que será apresentado no próximo item), não foi aplicado método de compressão durante o cálculo do tráfego gerado pelo vídeo no modelo de desempenho.

A Tabela 5.2 mostra os principais padrões de compressão de áudio e suas respectivas taxas de transmissão. Foram utilizados no modelo de desempenho, para o cálculo do tráfego gerado pelo áudio, somente os padrões que estão destacados (G.711, G.722 e G.728), por serem encontrados na maioria dos equipamentos de videoconferência disponíveis no mercado (ver Anexo 1).

TABELA 5.2: Tráfego Gerado pelo Áudio com Compressão.

Padrões de Compressão	Taxa de Transmissão Gerada
PCM	64 Kbps
CVSD	De 9 a 64 Kbps
IDVI	Cerca de 46 Kbps
ADPCM	Cerca de 36 Kbps
VADPCM	Variável
G.711	De 48 a 64 Kbps
G.722	De 48 a 64 Kbps Banda Larga
G.723	6,4 e 5,3 Kbps
G.728	16 Kbps
GSM	Cerca de 19 Kbps
<i>Delta Modulation</i>	Cerca de 16 Kbps
LPC	Cerca de 9 Kbps

Quanto à velocidade de transmissão, utilizou-se no modelo uma faixa de 64 Kbps a 2 Mbps.

Ao contratar uma determinada largura de banda, se deseja que a sua velocidade sempre seja aquela contratada. Mas, na realidade, a velocidade oscila durante a transmissão devido a vários fatores, como: compartilhamento de banda, congestionamentos, número de usuários interligados ao mesmo tempo, entre outros.

Foram criados três cenários diferentes com o propósito de avaliar o comportamento da taxa de transmissão nos diferentes tipos de serviços oferecidos pelas operadoras.

O primeiro cenário (cenário 1) se refere à largura de banda oferecida pela operadora, cujas velocidades de transmissão máxima e mínima são fixadas no contrato junto com o usuário. Este tipo de acordo é feito quando o usuário e a operadora já possuem conhecimento de quanto o serviço ofertado necessitará de largura de banda, não comprometendo a qualidade do serviço exigida.

Observa-se na Tabela 5.3 que a velocidade da moda (velocidade mais freqüente) normalmente fica em torno do mesmo valor, independentemente do horário de utilização do serviço, isso se deve, normalmente, pelo fato do ambiente de rede ser totalmente dedicado aos usuários de uma mesma empresa.

No modelo de desempenho construído para este cenário, foram utilizadas as variações das seguintes faixas de velocidade, em *bits* por segundo.

TABELA 5.3: Faixas de Velocidade para o Cenário 1.

Velocidade Mínima	Velocidade da Moda	Velocidade Máxima
64.000	100.000	128.000
128.000	256.000	384.000
384.000	512.000	768.000
512.000	768.000	2.000.000

O segundo cenário (cenário 2) se refere a um contrato entre a empresa operadora e a empresa usuária, onde é definida somente a velocidade máxima de transmissão. Este tipo de acordo é feito quando não se possui conhecimento suficiente de quanto de largura de banda será necessária e, por isso, é determinado um valor máximo para a velocidade, podendo nunca ser utilizado na sua totalidade. Durante o horário normal, os usuários poderão conseguir uma velocidade muito próxima da velocidade máxima, por exemplo, a velocidade da moda poderia chegar a 85% da velocidade máxima. Durante o horário de pico, a velocidade da moda diminuiria para 65% da velocidade máxima. Contudo poderão ocorrer algumas falhas na transmissão, independentemente do horário, e ocasionar uma velocidade de 50% da velocidade contratada.

No modelo de desempenho construído para este cenário, a variação das velocidades, em *bits* por segundo, está descrita na Tabela 5.4 e na Tabela 5.5.

TABELA 5.4: Faixas de Velocidade para o Cenário 2 - Horário Normal.

Velocidade Mínima	Velocidade da Moda	Velocidade Máxima
64.000	108.800	128.000
192.000	326.400	384.000
384.000	652.800	768.000
1.000.000	1.700.000	2.000.000

TABELA 5.5: Faixas de Velocidade para o Cenário 2 - Horário de Pico.

Velocidade Mínima	Velocidade da Moda	Velocidade Máxima
64.000	83.200	128.000
192.000	249.600	384.000
384.000	499.200	768.000
1.000.000	1.300.000	2.000.000

O último cenário (cenário 3) é muito parecido com o cenário 1, as velocidades máxima e mínima são fixadas no contrato, porém a velocidade da moda fica em torno de 85% da velocidade máxima no horário normal e 65% no horário de pico. O ambiente de rede, neste caso, é compartilhado por outros usuários de diferentes empresas.

A variação das velocidades em *bits* por segundo, do cenário 3, está descrita nas Tabelas 5.6 e 5.7.

TABELA 5.6: Faixas de Velocidade para o Cenário 3 - Horário Normal.

Velocidade Mínima	Velocidade da Moda	Velocidade Máxima
64.000	108.800	128.000
128.000	326.400	384.000
384.000	652.800	768.000
768.000	1.700.000	2.000.000

TABELA 5.7: Faixas de Velocidade para o Cenário 3 - Horário de Pico.

Velocidade Mínima	Velocidade da Moda	Velocidade Máxima
64.000	83.200	128.000
128.000	249.600	384.000
384.000	499.200	768.000
768.000	1.300.000	2.000.000

Como se pode observar, as operadoras trabalham dentro de uma determinada faixa de velocidade (entre velocidades mínimas e máximas) para disponibilizar o serviço que foi contratado. Para simular essa oscilação dentro dessa faixa, foi utilizada a fórmula da distribuição triangular, descrita abaixo:

$$x = \begin{cases} a + \sqrt{R(b-a)(c-a)}, & \text{se } 0 \leq R \leq \frac{b-a}{c-a} \\ c - \sqrt{(1-R)(c-b)(c-a)}, & \text{se } \frac{b-a}{c-a} < R \leq 1 \end{cases}$$

Sendo que:

- **x** é a velocidade resultante da fórmula;
- **a** é a velocidade mínima contratada;
- **b** é a velocidade da moda;
- **c** é a velocidade máxima contratada;
- **R** é um número gerado aleatoriamente.

Para obter os valores da variável de resposta (taxa de transmissão) nos três cenários escolhidos, foi aplicada a seguinte fórmula em função dos parâmetros citados acima:

$$\text{Taxa de Transmissão} = x / (v + a)$$

Sendo que **x** é a velocidade resultante da fórmula da distribuição triangular, **v** é o tráfego gerado por cada quadro de vídeo e **a** é o tráfego gerado por cada amostra de áudio.

5.4 Projeto Experimental e Análise dos Resultados

Um projeto experimental visa obter o máximo de informações com um número mínimo de experimentos, diminuindo o tempo gasto na aquisição dos dados.

A análise realizada é em relação à transmissão dos dados. Para isso foram usados os seguintes fatores: o tráfego gerado pelo vídeo e pelo áudio e a velocidade máxima de transmissão.

Uma análise a respeito da relação desses fatores com a variável de resposta (taxa de transmissão) ajudará um administrador a escolher a melhor opção para a aquisição da videoconferência visando um serviço com qualidade e custos satisfatórios.

O projeto experimental que utiliza todas as combinações possíveis de todos os níveis de todos os fatores é chamado Projeto Fatorial Completo (ver Tabela 5.8).

TABELA 5.8: Projeto Fatorial Completo.

Fatores	Níveis	Quantidade de Níveis
Tráfego gerado pelo Vídeo	SQCIF - Preto / Branco QCIF - Preto / Branco CIF - Preto / Branco 4CIF - Preto / Branco 16CIF - Preto / Branco SQCIF - 256 Tons de Cinza QCIF - 256 Tons de Cinza CIF - 256 Tons de Cinza 4CIF - 256 Tons de Cinza 16CIF - 256 Tons de Cinza SQCIF - RGB QCIF - RGB CIF - RGB 4CIF - RGB 16CIF - RGB	15
Tráfego gerado pelo Áudio	5,3 Kbps 6,4 Kbps 9 Kbps 16 Kbps 19 Kbps 36 Kbps 48 Kbps 64 Kbps	8
Velocidade Máxima de Transmissão	64 Kbps 128 Kbps 256 Kbps 384 Kbps 512 Kbps 768 Kbps 1 Mbps 2 Mbps	8
Número de Experimentos possíveis (15 x 8 x 8)		960

Porém, o número de experimentos neste tipo de projeto é grande (960 experimentos), levando muito tempo para se analisar os resultados.

Uma redução do número de níveis por fator ajudaria a reduzir o número de experimentos e chegar a uma análise eficaz com economia de tempo. Este procedimento é conhecido como Projeto Fatorial Fracionário.

Foram escolhidos os níveis que são encontrados na maioria dos equipamentos de videoconferência disponíveis no mercado. Como níveis do fator tráfego gerado pelo vídeo foram escolhidos somente quadros totalmente coloridos (ou seja, RGB). Para o

fator tráfego gerado pelo áudio, foram escolhidos somente dois níveis, 16 Kbps e 64 Kbps. Para o fator velocidade máxima de transmissão, os níveis escolhidos são: 128 Kbps, 384 Kbps, 768 Kbps e 2 Mbps.

O projeto em estudo foi reduzido para 40 experimentos diferentes (considerando as diferentes combinações entre fatores e seus níveis). Contudo foram realizadas repetições (replicações) nas mesmas combinações a fim de se isolar erros experimentais e se verificar as interações entre os fatores.

Durante a análise é necessário verificar a interação entre os fatores. Desta forma, foi determinado que o limite de interação, ou seja, o nível de significância dos testes seria de 5%. Em termos estatísticos, isso significa que o valor do espaço P (Pr) em relação ao Teste F seria de 5%. Para poder analisar o nível de significância, deve-se observar o seguinte:

- **Se o nível for acima de 5%:** Significa que não há interação significativa, ou seja, quando em um determinado experimento troca-se o valor de um fator, de um nível para outro, o resultado da variável de resposta não é afetado, isto é, seu comportamento é independente deste fator.
- **Se o nível for abaixo de 5%:** Significa que há interação significativa, ou seja, o resultado da variável de resposta é afetado quando em um determinado experimento troca-se o valor de um fator de um nível para outro.

Para cada cenário criado no modelo de desempenho foi feita uma análise estatística do efeito dos três fatores sobre a variável de resposta para poder validar o modelo de desempenho e também para separar os efeitos de cada fator em relação ao desempenho do sistema.

No cenário 1, foram feitas cinco replicações para cada experimento. Os fatores, os níveis empregados e os resultados da variável de resposta para este cenário podem ser vistos na Tabela A.3 no Anexo 2. Como resultado da análise estatística, obteve-se:

- Há interação significativa entre áudio e vídeo ao utilizar as velocidades 128 Kbps e 768 Kbps. Porém, ao escolher um dos dois níveis de áudio (16 Kbps ou 64 Kbps), somente na primeira resolução de vídeo (SQCIF), o resultado (taxa de transmissão) será afetado significativamente.
- Não há interação significativa entre as duas mídias e também entre os níveis de áudio nas velocidades 384 Kbps e 2 Mbps. Porém, na velocidade 384 Kbps, observou-se que as resoluções de vídeo (4CIF e 16CIF) são estatisticamente iguais, ou seja, o resultado é bastante semelhante independentemente de qual dessas duas resoluções de vídeo e dos dois níveis de áudio se escolheu. Já na velocidade 2 Mbps, observou-se que as resoluções de vídeo (CIF, 4CIF e 16CIF) são estatisticamente iguais.

No cenário 2, foram feitas dez replicações. Os fatores, os níveis empregados e os resultados da variável de resposta para este cenário podem ser vistos nas Tabelas A.4 e A.5 no Anexo 2. Como resultado da análise estatística, obteve-se:

- Nas primeiras cinco repetições, nos dois horários de utilização (normal e pico), observou-se que há interação significativa entre áudio e vídeo nas quatro velocidades. Porém verificou-se que, independentemente da velocidade de transmissão escolhida, somente na primeira resolução de vídeo (SCIF) combinada com um dos dois níveis de áudio (16 Kbps ou 64 Kbps), o resultado da taxa de transmissão é bastante afetado. Verificou-se também que o resultado não é alterado ao combinar as resoluções de vídeo (4CIF e 16CIF) com os dois níveis de áudio.
- Nas outras cinco repetições, observou-se que não há interação significativa entre áudio e vídeo nas quatro velocidades e nem entre os níveis de áudio, quando o horário for normal. Mas há interação significativa nas quatro velocidades quando o horário for de pico.

No cenário 3, foram realizadas dez replicações. Os fatores, os níveis empregados e os resultados da variável de resposta para este cenário podem ser vistos nas Tabelas A.6 e A.7 no Anexo 2. Como resultado da análise estatística, obteve-se:

- Nas primeiras cinco repetições, no horário normal, observou-se que há interação significativa entre áudio e vídeo nas velocidades 128 Kbps, 768 Kbps e 2 Mbps. Mas não há interação significativa na velocidade 384 Kbps, considerando o nível de significância dos testes ser exatamente igual a 5%. Independentemente da velocidade de transmissão escolhida, as resoluções de vídeo (4CIF e 16CIF) são estatisticamente iguais. Quanto ao horário de pico, observou-se que somente nas velocidades 128 Kbps e 768 Kbps há interação significativa entre áudio e vídeo e não há interação significativa nas velocidades 384 Kbps e 2 Mbps.
- Nas outras cinco repetições, observou-se que, quando o horário for normal, não há interação significativa entre áudio e vídeo nas quatro velocidades. E quando o horário for de pico, há interação significativa entre áudio e vídeo nas velocidades 128 Kbps e 768 Kbps e não há interação significativa nas velocidades 384 Kbps e 2 Mbps.

Pode-se concluir a respeito de todas as análises feitas em cada cenário que, ao optar pela resolução de vídeo (SQCIF), a taxa de transmissão sofrerá alterações dependendo da escolha de 16 Kbps ou 64 Kbps para o tráfego de áudio. Porém, para aqueles usuários que não exigem muita qualidade e possuem equipamentos cujo poder de processamento é baixo, essa opção é satisfatória.

Mas, se existir um equipamento que possui resolução de vídeo (4CIF) e outro (16CIF), o usuário deverá escolher aquele mais barato, pois não será percebida uma alteração na transmissão se optar por uma ou outra resolução e a qualidade é considerada boa.

Dependendo da velocidade utilizada, durante um horário de pico, a transmissão poderá ser bastante afetada, tendo o usuário que escolher a menor resolução de vídeo e a menor taxa de transmissão de áudio. Quanto menor a velocidade, pior a qualidade durante o horário de pico. Por isso, a velocidade 128 Kbps não deveria ser escolhida. Para compensar a perda de qualidade e a velocidade baixa, deve-se possuir um equipamento de videoconferência, cujo *codec* seja poderoso o bastante para não afetar a taxa de transmissão.

Nesse estudo de caso, a qualidade deve ser boa e por isso não se pode adquirir equipamentos com baixo poder de processamento, porém o custo do projeto poderá ser bem maior se forem escolhidos equipamentos de boa qualidade. Para que a relação custo x benefício seja aceitável, deve-se escolher equipamentos que possuam resolução acima de SQCIF e a velocidade deve ser em torno de 384 Kbps.

5.5 Modelos e Previsão de Custos

Um modelo de custo tem como objetivo contabilizar os dispêndios relacionados a instalação, operação e manutenção de um determinado ambiente.

O modelo de custo para um ambiente de videoconferência pode ser subdividido em: custos iniciais e custos mensais.

Para os custos iniciais, deve-se obter as seguintes informações:

- Valor unitário do equipamento de videoconferência e quantidade requerida;
- Valor unitário da Unidade de Controle Multiponto (se for necessária) e quantidade requerida;
- Custos com cabeamento;
- Custos com a aquisição de *softwares*;
- Custo de instalação da sala de videoconferência e quantidade de salas;
- Custos com o suporte técnico (consultores, arquitetos, etc.);
- Custos com treinamentos de pessoal;
- Preços cobrados na instalação dos serviços prestados por cada operadora de comunicação, tanto local quanto de longa distância, que opera na área onde será implantada a videoconferência.

Para os custos mensais, deve-se obter as seguintes informações:

- Custos com aperfeiçoamento de pessoal;
- Custos com energia;
- Custos com a manutenção de *softwares* e equipamentos;

- Custos com pessoal;
- Preços mensais dos serviços prestados por cada operadora (assinatura mensal de cada serviço e o custo do impulso de acordo com a velocidade de transmissão, os dias e horários de utilização, a duração da chamada e a distância entre os pontos).

Por causa da concorrência existente entre as operadoras de comunicação, sugere-se uma pesquisa de preços dos serviços ofertados por cada um delas.

Com o modelo de desempenho validado e o modelo de custos pronto, deve-se realizar análises sobre a relação custo e desempenho das alternativas propostas.

Para cada cenário ou configuração que apresente desempenho compatível com a QoS desejada, uma análise de custo deve ser realizada.

5.6 Resumo do Capítulo

Neste capítulo foi aplicada a metodologia de avaliação de desempenho (descrita no Capítulo 4) com o propósito de analisar o comportamento de um ambiente de videoconferência em diferentes cenários. A largura de banda, por ser considerada um dos pontos críticos, foi escolhida como um dos principais fatores a ser analisado. Através de alguns testes de cenários pode-se avaliar a influência das mídias de áudio e vídeo em relação à qualidade da transmissão. Foram, também, encaminhadas algumas sugestões (comentários) sobre como determinar a melhor relação qualidade (desempenho) x custo de acordo com as necessidades dos usuários deste ambiente.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Um dos fatores mais importantes da Era do Conhecimento é a velocidade com que se processam as tarefas, impondo uma agilidade nas tomadas de decisão, bem como na produção e entrega de bens e serviços com qualidade.

A videoconferência proporciona essa rapidez com economia de recursos no deslocamento de pessoal e no transporte de informações, sendo uma ferramenta ideal para as regiões com difícil acesso e distantes dos centros de decisão, como as cidades da região Norte.

O Centro Federal de Educação Tecnológica do Estado do Pará (CEFET-PA) é uma instituição de ensino que tem tudo para desempenhar, com êxito, as atividades da videoconferência, visando combinar presença estratégica com rentabilidade.

Este trabalho apresenta uma descrição do ambiente de videoconferência, com uma metodologia de avaliação de desempenho, voltado para a preocupação com a qualidade do serviço. Através da aplicação da metodologia utilizada avaliou-se o comportamento do ambiente a ser implantado no CEFET-PA.

Na literatura apresentada, o leitor pode chegar a conclusões que o auxiliarão na tomada de decisão, quanto ao serviço oferecido pelas operadoras de telecomunicação e as aplicações utilizadas no ambiente de videoconferência.

Para uma boa implantação de um ambiente de videoconferência é necessária a realização de uma análise a respeito de como seria utilizado esse ambiente.

Analisando os testes de alguns cenários, sobre o tráfego gerado pelas principais mídias de um ambiente de videoconferência, possibilitou recomendar a melhor velocidade a ser utilizada no projeto.

A qualidade da imagem a uma taxa de transmissão de 128 Kbps é aceitável para a maioria das aplicações. Contudo velocidades maiores como 256 Kbps ou 384 Kbps permitem uma imagem mais fluida e velocidades superiores permitem qualidades próximas a de uma emissora de televisão.

Recomenda-se linhas de padrão RDSI ou DATAFONE 64. No caso da impossibilidade destas, a alternativa é utilizar uma linha de comunicação de dados

privativa, de velocidade mínima de 128 Kbps até o ponto onde deva se localizar a MCU (Unidade de Controle Multiponto). No local onde deve estar a MCU deve ser provido uma conversão de protocolos H.320 para H.323.

A especificação do equipamento de videoconferência depende do tipo de linha disponível, por isso deve-se atentar para este fato quando da elaboração do edital de compra.

É importante que o CEFET-PA faça um planejamento das mudanças a serem implantadas com a videoconferência, no qual devem estar contidas estratégias de treinamento, instalação, operação e administração dos equipamentos de videoconferência, que objetivem preparar os recursos humanos (técnicos, operadores, professores e administradores), para que possam vivenciar conscientemente todo esse processo, minimizando, assim, os fatores de resistência às mudanças.

O planejamento eficaz das mudanças deve incluir um Programa de Comunicação que tenha por objetivo garantir o entendimento uniforme em todas as áreas, que, desse modo, passarão a ver como serão afetadas e quais os benefícios das novas alternativas administrativas. Assim, os focos de resistências que por ventura existirem, darão lugar aos focos de atenção, criando-se, assim, um ambiente de confiança para que todos expressem suas dúvidas e idéias.

A videoconferência poderá ser baseada em estúdio ou realizada em computadores pessoais.

A videoconferência baseada em estúdio, normalmente, é utilizada para educação a distância, telemedicina e outras aplicações que requerem alto poder de processamento dos equipamentos e qualidade adequada às necessidades dos usuários. Enquanto que a videoconferência realizada em microcomputadores é mais utilizada para contatos em grupo (por exemplo, reuniões entre funcionários), não exigindo muita qualidade na transmissão.

A quantidade de pessoas que estarão se comunicando em cada ponto também influencia na decisão de qual tipo de equipamento de videoconferência será utilizado. As salas podem ser de três tipos: pequena (1 pessoa), média (de 1 a 10 pessoas) ou grande (até 30 pessoas). Normalmente, observa-se que quanto maior for a sala maior será a exigência de qualidade, o poder de processamento dos equipamentos utilizados e o custo na sua aquisição.

A padronização das salas e dos equipamentos garante que haja comunicação entre os pontos e a substituição, reparos, modificações e ajustes necessários.

Os produtos que o mercado oferece para videoconferência servem para todos os tipos de clientes, com qualidade e preços variados. No Anexo 1 são apresentados alguns produtos de videoconferência de três empresas especializadas. A avaliação das características de cada produto ajudou na análise realizada neste trabalho.

Durante a realização da avaliação do desempenho de um ambiente de videoconferência, deparou-se com algumas dificuldades, tais como: a falta de um ambiente de videoconferência real que permitisse determinar com mais precisão o desempenho do ambiente; a falta de especificação dos parâmetros de qualidade para cada requisito de comunicação e a documentação escassa sobre o assunto.

Dessa forma, fica aqui a produção da autora, que provavelmente carece de complementações, mas que significa uma efetiva contribuição às reflexões que ora se fazem necessárias.

6.1 Recomendações

Este trabalho não tem a pretensão de ser uma proposta acabada. Recomenda-se promover discussões, a disseminação do conhecimento sobre videoconferência e sua popularização.

Com relação a operadora de telecomunicação a ser escolhida, esta deve apresentar curto prazo de instalação, qualidade e custo dos serviços compatíveis com um projeto bem sucedido.

Como estudos futuros, a fim de dar continuidade a este trabalho, sugere-se que se faça uma comparação entre as tecnologias ATM e *Gigabit Ethernet* por serem as que oferecem velocidades compatíveis com as exigências das aplicações multimídia de tempo real.

Como ATM oferece métodos para implementação de QoS, porém seu custo é elevado e as redes de comutação de pacotes (como *Ethernet* e *Fast-Ethernet*) são mais disseminadas, porém a qualidade oferecida é a do melhor esforço (*best effort*). Uma

outra questão deve ser tratada: A determinação de QoS em redes de comutação de pacotes de forma a viabilizar o uso de videoconferência sem a perda da qualidade.

Uma outra recomendação é que sejam feitas pesquisas para o desenvolvimento de métodos de compressão e descompressão que não exijam alto poder de processamento dos equipamentos e gerem taxas maiores de compressão, sem prejudicar a qualidade da transmissão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALKEN M. R. S. Worldwide Video Conversions. **Video Tape Conversion Service PAL – NTSC - SECAM.** Disponível em: <<http://www.alkenmrs.com/video/standards.html>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

BARCIA, Ricardo Miranda, et al. UNIVERSIDADE VIRTUAL: a experiência da UFSC em programas de requalificação, capacitação, treinamento e formação a distância de mão-de-obra no cenário da economia globalizada. **Em Aberto**, Brasília, ano 16, n. 70, p. 141-146, abr./jun. 1996.

BEIER, Ines. **Group Communication and Scalability in Videoconferencing over ATM (GCSVA).** Disponível em: <<http://www-rnks.informatik.tu-cottbus.de/~beier/gcsva.e.html>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

BORDIGNON, Márcio Rodrigo. **Vídeo Conferência: Conceitos, Tecnologias e Uso.** Rio de Janeiro: Book Express, 2001. 143 p.

BORTOLUZZI, Dayna Maria. **Utilização de Filtros de Escalamento de Mídia na Interconexão de Duas Redes Heterogêneas.** 1999. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BRADFORD, Steven. **A Simplified Guide to the NTSC Video Signal.** Disponível em: <<http://www.scanet.com/Users/bradford/ntscvideo.html>>. Acesso em: 25 maio 1999 *apud* ZANIN, Fabio Asturian. **Um Modelo para Videoconferência em Computador Pessoal sobre Redes IP.** 2000. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CARNEIRO, Mára Lúcia Fernandes. **VIDEOCONFERÊNCIA: Ambiente para educação à distância.** Disponível em: <<http://penta.ufrgs.br/pgie/workshop/mara.htm>>. Acesso em: 10 nov. 2000.

CODEC CENTRAL. **Codecs.** Disponível em: <<http://www.icanstream.tv/CodecCentral/Codecs/index.html>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

COFFEY, Gregory A. **Video Over ATM Networks**. Disponível em: <http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/video_over_atm/index.htm>. Acesso em: 16 abr. 2001.

COULOURIS, George; DOLLIMORE, Jean; KINDBERG, Tim. **Distributed Systems: Concepts and Design**. Third Edition. Pearson Education: Addison-Wesley, 2001. p. 607-633.

DINIZ, Ana Luiza B. de P. Barros. **Um Serviço de Alocação Dinâmica de Banda Passante em Redes ATM para Suporte a Aplicações Multimídia**. 1998. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DODD, Annabel Z. **The Essential Guide to Telecommunications**. Second Edition. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1999. 365 p.

FERREIRA, Claudio. Videoconferência: no rumo da popularização. **Network Computing Brasil**, ano 3, n. 34, p. 62-65, dez. 2001.

FLUCKIGER, F. **Understanding Networked Multimedia: Applications and Technology**. Inglaterra: Prentice Hall, 1995 *apud* DINIZ, Ana Luiza B. de P. Barros. **Um Serviço de Alocação Dinâmica de Banda Passante em Redes ATM para Suporte a Aplicações Multimídia**. 1998. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FONSECA, José Luiz; STANTON, Michael. Estudo Experimental de Videoconferência em Inter-Redes IP com QoS. **Developers' Cio Magazine**, ano 6, n. 62, p. 29-32, out. 2001.

FREEDMAN, Alan. **Dicionário de Informática**. Tradução Brasil Ramos Fernandes, Elaine Pezzoli, Kátia A. Roque. São Paulo: Makron Books, 1995. p. 516.

FREITAS FILHO, Paulo José de. **Modelagem, Projeto e Avaliação de Desempenho de Redes**. Universidade Federal de Santa Catarina, jul. 2000. 96 f. Apostila de Aula. Mimeografado.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. **Quality of Service Framework - Outline**. ISO, maio 1992 *apud* DINIZ, Ana Luiza B. de P. Barros. **Um Serviço de Alocação Dinâmica de Banda Passante em Redes ATM para Suporte a Aplicações Multimídia**. 1998. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Telecommunication Standardization Sector. **Telematic, Data Transmission, ISDN Broadband, Universal, Personal Communications and Teleconference Services: Operation and Quality of Service - Videoconference Service General - Recommendation F.730**. ITU-T, 1992 *apud* OLIVEIRA, Jauvane Cavalcante de. **TVS: Um Sistema de Videoconferência**. 1996. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Informática) - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www2.mcrlab.uottawa.ca/~jauvane/MSc/>>. Acesso em: 14 ago. 2001.

ISOKANGAS, Jari. **H.320 based videoconferencing in ISDN-, Ethernet- and ATM-networks**. Disponível em: <<http://matwww.ee.tut.fi/kamu/distancedocs/jarii.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

KELTON, W. David; SADOWSKI, Randall P.; SADOWSKI, Deborah A. **Simulation with Arena**. [S.l.]: WCB/McGraw-Hill, 1998. 547 p.

LEOPOLDINO, Graciela Machado; MOREIRA, Edson dos Santos. Modelos de Comunicação para Videoconferência. **NewsGeneration**, v. 5, n. 3, 11 maio 2001. Disponível em: <<http://www.rnp.br/newsgen/0105/video.shtml>>. Acesso em: 22 maio 2001.

LIMA, Maria das Graças da Silva. **Desafios da Educação a Distância usando Tecnologia WWW: Uma Abordagem Histórica**. 1999. 76 f. Monografia (Especialização em Informática na Educação) - Universidade da Amazônia, Belém.

LU, Cary. **The Race for Bandwidth: Understanding Data Transmission**. [S.l.]: Microsoft Press, 1998. 199 p.

LU, G. **Communication and Computing for Distributed Multimedia Systems**. [S.l.]: Artech House, 1996 *apud* DINIZ, Ana Luiza B. de P. Barros. **Um Serviço de Alocação Dinâmica de Banda Passante em Redes ATM para Suporte a Aplicações Multimídia**. 1998. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MELCHIORS, Cristina. **Sistemas Interpessoais de Videoconferência (MBone)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. Disponível em: <<http://www.penta.ufrgs.br/~cristina/mbone/ti/indiceti.htm>>. Acesso em: 22 jan. 2001.

MELO, Edison Tadeu Lopes. **Tutorial H.323**. Florianópolis: UFSC, 1999. 21 p.

MELO, Edison Tadeu Lopes; CAVALCANTE, Sedecias. **Ferramentas para Conferência H.323**: Terminais, MCUs, Gatekeepers e Gateways. Florianópolis: UFSC, 1999. 17 p.

MENASCÉ, Daniel A.; ALMEIDA, Virgílio A. F.; DOWDY, Larry W. **Capacity Planning and Performance Modeling**: From Mainframes to Client-Server Systems. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1994. 412 p.

MOURA FILHO, César Olavo de; OLIVEIRA, Mauro. **Videoconferência em Educação à Distância**. Fortaleza: CEFET-CE, 1998. Disponível em: <<http://lar.cefetce.br/N/Capa.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

NASSIF, Lilian Noronha. **Planejamento de Capacidade para a WAN da Rede Municipal de Informática**. 1997. 122 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) - Curso de Mestrado da Escola de Governo de Minas Gerais, Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte.

NÚCLEO DE MULTIMÍDIA E INTERNET. **Videoconferência**: Definições e Padrões. Disponível em: <<http://www.nmi.com.br/videocon.asp>>. Acesso em: 22 jan. 2001.

OLIVEIRA, Jauvane Cavalcante de. **TVS: Um Sistema de Videoconferência**. 1996. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Informática) - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www2.mcrlab.uottawa.ca/~jauvane/MSc/>>. Acesso em: 14 ago. 2001.

OLIVEIRA, Mauro Barbosa de (Coord.). **Ante-Projeto**: Aquisição de Equipamentos de Videoconferência para a Rede de Centros Federais de Educação Tecnológica. Fortaleza: CEFET-CE, [199-].

ONVURAL, Raif O. **Asynchronous Transfer Mode Networks: Performance Issues**. 2. ed. [S.l.]: Artech House Inc., 1995 *apud* ZANIN, Fabio Asturian. **Um Modelo para Videoconferência em Computador Pessoal sobre Redes IP**. 2000. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OTSUKA, Joice Lee. **Fatores Determinantes na Efetividade de Ferramentas de Comunicação Mediada por Computador no Ensino à Distância**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://penta.ufrgs.br/pesquisa/joice/joice_ti.html#sumula>. Acesso em: 4 dez. 2001.

PASSMORE, D. O Grande Debate sobre Qualidade de Serviço. **Revista BCR Brasil**, 1997 *apud* MOURA FILHO, César Olavo de; OLIVEIRA, Mauro. **Videoconferência em Educação à Distância**. Fortaleza: CEFET-CE, 1998. Disponível em: <<http://lar.cefetce.br/N/Capa.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

PEREIRA, Fernando F. Nunes. **Transmissão de Vídeo MPEG com Negociação Dinâmica de Banda Passante em Redes ATM**. 1998. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PHILIPS. Site Empresarial. Disponível em: <<http://www.philips.com>>. Acesso em: 19 set. 2001.

PICTURETEL. Site Empresarial. Disponível em: <<http://www.picturetel.com/home.asp>>. Acesso em: 19 set. 2001.

PIRES, Daniel Facciolo; MACHADO, Elaine Parros; SILVA, Klinger Gervásio da. **Desempenho em Sistemas Distribuídos**. Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, [199?]. Trabalho não publicado.

POLYCOM. Site Empresarial. Disponível em: <<http://www.polycom.com>>. Acesso em: 19 set. 2001.

PROTOCOLS.COM. **Audio/Visual over ATM**. Disponível em: <<http://www.protocols.com/pbook/audiouv.htm>>. Acesso em: 23 jan. 2002.

_____. **H.323**. Disponível em: <<http://www.protocols.com/pbook/h323.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ. Laboratório de Mídias Interativas. **Videoconferência na PUCPR.** Disponível em: <<http://www.lami.pucpr.br/cursos/videoconf>>. Acesso em: 23 nov. 2000.

RETTINGER, Leigh A. **Desktop Videoconferencing: Technology and Use for Remote Seminar Delivery.** Raleigh, North Carolina: A thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science, 1995 *apud* ZANIN, Fabio Asturian. **Um Modelo para Videoconferência em Computador Pessoal sobre Redes IP.** 2000. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCHULZRINNE, H., et al. **RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications.** Internet Draft: draft-ietf-avt-rtp-02.new-01.ps, 1997 *apud* BORTOLUZZI, Dayna Maria. **Utilização de Filtros de Escalamento de Mídia na Interconexão de Duas Redes Heterogêneas.** 1999. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SEAL TELECOM. **Soluções para Videoconferência.** Disponível em: <<http://www.sealtelecom.com.br/>>. Acesso em: 21 ago. 2001.

SILVA, Ana Catarina Lima. **Um Panorama do Ensino de Graduação a Distância no Brasil.** Universidade Federal de Minas Gerais, 2000. Disponível em: <<http://www.revista.unicamp.br/infotec/artigos/anacatarina.html>>. Acesso em: 11 dez. 2000.

SILVA, Sandra Regina da. Tecnologia: Várias opções, muitos desafios. **Especial Corporate Broadband - Teletime**, São Paulo, p. 12-14, mar. 2001.

SOARES, Luiz Fernando Gomes, et al. **Redes de Computadores: Das LANs, MANs e WANs às Redes ATM.** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1995. 576 p.

SPANHOL, Fernando José. **Estruturas Tecnológica e Ambiental de Sistemas de Videoconferência na Educação a Distância: Estudo de Caso do Laboratório de Ensino a Distância da UFSC.** 1999. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1997. 923 p.

TAROUÇO, Liane Margarida Rockenbach. **Ambiente de suporte para educação à distância**. Disponível em: <<http://penta.ufrgs.br/pgie/workshop/ambiente.htm>>. Acesso em: 8 nov. 2000.

TELECONFERENCIA.ORG. Site Empresarial. Disponível em: <<http://www.teleconferencia.org>>. Acesso em: 21 mar. 2001.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Núcleo de Educação a Distância**. Disponível em: <<http://www.nead.ufpr.br>>. Acesso em: 8 nov. 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. **Implantação da Videoconferência no PPGE**. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/~mariali/manual/index.html>>. Acesso em: 8 nov. 2000.

VARGAS, Carlos Luciano, et al. **Ferramentas e Serviços da Internet: Emprego de Redes de Computadores na Educação**. Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, maio 1999. 57 p.

VASCONCELOS, Nelson. De Olho no Futuro. **Jornal O Globo**, 20 fev. 2001. A Nova Economia, página de economia.

VASCONCELOS, Saulo Vaz de. **Videoconferência: Uma Visão Geral**. Disponível em: <<http://www.gta.ufrj.br/~vaz/vdcnf/videoconf1.html>>. Acesso em: 13 ago. 2001.

VERCELLI, Juliana. Planejamento sem artifícios. **Network Computing Brasil**, p. 28-31, mar. 1999.

VIDAL, Paulo Cesar Salgado. **Evolução do Padrão MPEG**. Disponível em: <<http://www.gta.ufrj.br/~vidal/mpeg/mpeg.html>>. Acesso em: 10 set. 2001.

_____. **Qualidade de Serviço em Sistemas Multimídia Distribuídos**. Disponível em: <<http://www.gta.ufrj.br/~vidal/qos/qos1.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2001.

_____. **Roteamento na Internet.** Disponível em:
<<http://www.gta.ufrj.br/~vidal/ip/indice.html>>. Acesso em: 10 set. 2001.

WHATIS?COM. **Videoconference.** Disponível em:
<http://whatis.techtarget.com/definition/0,289893,sid9_gci213291,00.html>. Acesso
em: 17 abr. 2001.

WORLD VIDEO FORMATS AND STANDARDS CONVERSIONS. **PAL, PAL-M, PAL-N, NTSC, SECAM.** Disponível em: <<http://www.video-pro.co.uk/world.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2001.

ZANIN, Fabio Asturian. **A Videoconferência em Redes ATM versus Redes IP.** Curso de Pós-graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. 21 p.

_____. **Um Modelo para Videoconferência em Computador Pessoal sobre Redes IP.** 2000. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Programa de Pós-graduação em Computação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ANEXO 1

PRODUTOS PARA VIDEOCONFERÊNCIA

A Polycom foi fundada em 1990, é a única companhia no mundo que desenvolve, fabrica e comercializa uma linha completa de produtos de áudio, dados e videoconferência de grupo.

O sistema de videoconferência ViewStation da Polycom, comercializado pela Seal em todo o Brasil, possui as seguintes características:

- Sistema de rastreamento de voz, que focaliza automaticamente a pessoa que está falando, ignorando o ruído de segundo plano e propiciando desta forma a interatividade harmoniosa da reunião;
- Câmera controlada por controle remoto com captação de 180 graus e *zoom* de até 12 vezes;
- Interface gráfica de usuário, tornando o sistema muito amigável;
- Ajuste de até 10 posições da câmera, agilizando a localização dos participantes de uma reunião;
- Servidor de Web incorporado e um hub *Ethernet* de 10/100 Mbps, oferecendo recursos para diagnóstico e gerenciamento de sistemas remotos e atualizações fáceis do *software* através da *Internet* ou da *Intranet*;
- Sistema de apresentação integrado baseado na *Web*, usando *Power Point* e *NetMeeting* da *Microsoft*, que oferece uma forma confiável e prática de fazer apresentações a partir de conexões remotas ou locais;
- Compatibilidade com os sistemas de videoconferência existentes, podendo ser integrado facilmente na infra-estrutura atual do usuário;
- Áudio digital em *full-duplex*, supressão automática de ruído (ANS) de -20 dB, controle de ganho automático (AGC) cujo ganho é no máximo 12 dB e adaptação instantânea do cancelamento de eco (< 100 ms) adaptam-se quase que instantaneamente às características da sala de reunião e oferecem uma maior clareza de som;
- Arquitetura de *codec* propicia um tempo de retardo muito curto;

- Suporte para comunicação via IP (*Internet Protocol*) permitindo conexões através de redes LAN/WAN.

A Tabela A.1 apresenta as especificações técnicas de alguns produtos da Polycom.

TABELA A.1: Especificações Técnicas de Alguns Produtos da Polycom.

Produtos / Especificações Técnicas		ViewStation SP™ SP128 e SP384	ViewStation 128, H.323, 512 e V.35™	ViewStation MP™	ViewStation FX
<u>Tipo de Sala</u>		Sala pequena de 1 à 3 pessoas	Sala média ou grande de 1 à 10 pessoas	Sala média ou grande de 1 à 10 pessoas	Sala de Reuniões, de Aula ou de Conferência de 1 à 30 pessoas ou mais
<u>Características</u>		Câmera de Documentos e VCR; Microfone para fone de ouvido (opcional); 1 Porta LAN; 1 Microfone Digital	Câmera de Documentos e VCR; 2 Microfones Digitais (opcional); 2 Portas LAN; Suporta <i>Streaming</i>	Câmera de Documentos e VCR; 2 Microfones Digitais (opcional); Suporta <i>Streaming</i>	Câmera de Documentos e VCR; Vídeo com Qualidade de TV - 60 quadros/seg - NTSC Vídeo com Qualidade de TV - 50 quadros/seg - PAL; 2 Microfones Digitais; 2 Portas LAN; Suporta <i>Streaming</i> ; POTS Suporta Internacional; Porta de Dados RS-232 (9600 baud até 115K baud assíncronos)
<u>Padrões</u>	Algoritmos Suportados	ITU-T H.320 (px64) e H.323	ViewStation 128, 512 e V.35: ITU-T H.320 (px64) e H.323 ViewStation H.323: H.323	ITU-T H.320 (px64) e H.323	ITU-T H.320 (px64) e H.323
	Vídeo	H.261, Anexo D H.263+, Anexos: F, L, T, I	H.261, Anexo D H.263+, Anexos: F, L, T, I	H.261, Anexo D H.263+, Anexos: F, L, T, I, J, u (proprietário)	H.261, Anexo D H.263+, Anexos: F, L, T, I, J, U, u

Produtos / Especificações Técnicas		ViewStation SP™ SP128 e SP384	ViewStation 128, H.323, 512 e V.35™	ViewStation MP™	ViewStation FX
	Comunicação	H.221	ViewStation 128, 512 e V.35: H.221	H.221	H.221
	Áudio	G.728, G.722, G.711, Acoustic Plus 716™	G.728, G.722, G.711, Acoustic Plus 716™	G.728, G.722, G.711, Acoustic Plus 716™ Enhanced Audio	G.728, G.722, G.711, Acoustic Plus 716™
	Outros	BONDING, Mode 1, H.281	ViewStation 128, 512 e V.35: BONDING, Mode 1, H.281 ViewStation H.323: H.281	BONDING, Mode 1	BONDING, Mode 1, H.281, H.225, H.245
<u>Monitor</u>	Quantidade suportada	1	2	2	2 ou mais (1 XGA)
	Formato	NTSC ou PAL	NTSC ou PAL	NTSC ou PAL	NTSC ou PAL
<u>Resolução de Vídeo</u>		FCIF (352X288 pixels) QCIF (176X144 pixels)	FCIF (352X288 pixels) QCIF (176X144 pixels)	H.261, H.263+: FCIF (352X288 pixels) QCIF (176X144 pixels)	FCIF (352X288 pixels) QCIF (176X144 pixels) Qualidade de TV
<u>Resolução de Gráficos</u>	Formato de Transmissão de Slides	H.261: 4 x FCIF Anexo D: 704X576	H.261: 4 x FCIF	H.261: 4 x FCIF	H.261: 4 x FCIF H.263: 16 x FCIF
	Formato de Visualização Local				Resolução: 1280 x 1024
	Captura de Imagem Gráfica	JPEG via navegador de web	JPEG via navegador de web	JPEG via navegador de web	JPEG via navegador de web VGA-IN com conversor opcional
<u>Taxa de Quadros</u>	H.320	15 qps - 56 a 320 Kbps 30 qps - 336 a 384 Kbps (somente SP384)	15 qps - 56 a 320 Kbps 30 qps - 336 a 768 Kbps	15 qps - 56 a 320 Kbps 30 qps - 336 a 512 Kbps	15 qps - 56 a 320 Kbps 30 qps - 336 a 2 Mbps

Produtos / Especificações Técnicas		ViewStation SP™ SP128 e SP384	ViewStation 128, H.323, 512 e V.35™	ViewStation MP™	ViewStation FX
	H.323	15 qps - 56 a 320 Kbps 30 qps - 384 a 768 Kbps	15 qps - 56 a 320 Kbps 30 qps - 384 a 768 Kbps	15 qps - 64 a 320 Kbps 30 qps - 336 a 768 Kbps	15 qps - 56 a 320 Kbps 30 qps - 384 a 2 Mbps
<u>Capacidade para Multiponto</u>			Utiliza quatro acessos básicos RDSI e pode ser ampliado para MP	Via RDSI: 2 locais à 512 Kbps 3 locais à 256 Kbps 4 locais à 128 Kbps	Via RDSI ou LAN: 3 locais à 512 Kbps 4 locais à 384 Kbps Em Cascata (somente H.320) até 10 locais - até 384 Kbps
<u>Desempenho de Áudio</u>	<i>Acoustic Plus</i> 716™	De 50 Hz a 7,0 KHz, 16 Kbps			
	G.722	De 50 Hz a 7,0 KHz, 48, 56, 64 Kbps	De 50 Hz a 7,0 KHz	De 50 Hz a 7,0 KHz	
	G.728	De 50 Hz a 3,4 KHz, 16 Kbps	De 50 Hz a 3,4 KHz	De 50 Hz a 3,4 KHz	
	G.711	De 50 Hz a 3,4 KHz, 64 Kbps	De 50 Hz a 3,4 KHz	De 50 Hz a 3,4 KHz	
<u>Velocidade de Transmissão</u>	H.320	SP128: 56 - 128 Kbps SP384: 64 - 384 Kbps	ViewStation 128: 56 - 128 Kbps ViewStation H.323: requer melhoramentos ViewStation 512: 56 - 512 Kbps ViewStation V.35: 56 - 768 Kbps	56 - 512 Kbps RDSI 1 x 56, 1 x 64, 2 x 56, 2 x 64	Até 2 Mbps

Produtos / Especificações Técnicas	ViewStation SP™ SP128 e SP384	ViewStation 128, H.323, 512 e V.35™	ViewStation MP™	ViewStation FX
	H.323	SP128: 64 - 768 Kbps SP384: 64 - 768 Kbps	ViewStation 128: 56 - 768 Kbps ViewStation H.323: 64 - 768 Kbps ViewStation 512: 64 - 768 Kbps ViewStation V.35: 64 - 768 Kbps	Até 2 Mbps
<u>Interface de Rede</u>	RDSI <i>Ethernet/LAN</i>	ViewStation 128 e 512: RDSI e <i>Ethernet/LAN</i> ViewStation V.35: V.35: direta ou discagem RS-366 e H.331 ViewStation H.323: opcionalmente usa os Módulos 512, MP, V.35 ou DCP <i>Ethernet/LAN</i>	RDSI <i>Ethernet/LAN</i>	RDSI: PRI T1 PRI E1 V.35/RS-449; conexão direta ou discagem RS-366 H.331 4 BRI; <i>Ethernet/LAN</i>

A outra empresa é a Philips, que foi fundada em 1891 por Gerard Philips para fabricar lâmpadas incandescentes e outros produtos elétricos. Atualmente é uma das empresas atuantes na área de videoconferência.

O sistema de videoconferência MatchView da Philips possui as seguintes características:

- Câmera controlada por controle remoto com captação de 100 graus e *zoom* de até 12 vezes;
- Ajuste de até 6 posições da câmera, agilizando a localização dos participantes de uma reunião;
- Áudio digital em *full-duplex*, supressão automática de ruído, controle de ganho automático e adaptação instantânea do cancelamento de eco acústico adaptam-se quase que instantaneamente às características da sala de reunião e oferecem uma maior clareza de som;
- Interface gráfica de usuário, tornando o sistema muito amigável;
- Suporta o *NetMeeting* da *Microsoft* para compartilhamento de dados e de aplicativos;
- Compatibilidade com sistemas antigos que utilizam o padrão H.320;
- *Codec* próprio.

A empresa PictureTel, fundada em 1984, é a líder de mercado em desenvolver, fabricar e comercializar uma grande linha de soluções para videoconferência.

O sistema de videoconferência PictureTel 550 da PictureTel possui as seguintes características:

- É um sistema a ser utilizado em um computador pessoal;
- O cartão PCI do *codec* é um acelerador de aplicação que distribui máximo desempenho com o mínimo de dependência do processador do PC, com isso liberando o servidor para outras tarefas.
- Áudio digital em *full-duplex*, supressão automática de ruído, controle de ganho automático e adaptação instantânea do cancelamento de eco acústico adaptam-se

quase que instantaneamente às características da sala de reunião e oferecem uma maior clareza de som;

- Suporta o *NetMeeting* da *Microsoft* para compartilhamento de dados e de aplicativos.

Já o sistema de videoconferência PictureTel Concorde 4500 da PictureTel possui as seguintes características:

- Sistema de rastreamento de voz, que focaliza automaticamente a pessoa que está falando, ignorando o ruído de segundo plano;
- Ajuste de múltiplas posições da câmera, agilizando a localização dos participantes de uma reunião;
- Câmera controlada por controle remoto com captação de 100 graus e *zoom* de até 10 vezes;
- Áudio digital em *full-duplex*, supressão automática de ruído (ANS) de -12 dB, controle de ganho automático (AGC) cujo ganho é no máximo 12 dB e adaptação instantânea do cancelamento de eco adaptam-se quase que instantaneamente às características da sala de reunião e oferecem uma maior clareza de som;
- Suporte para comunicação via IP (*Internet Protocol*) permitindo conexões através de redes LAN/WAN.

As especificações técnicas de alguns produtos da Philips e da PictureTel estão na Tabela A.2.

TABELA A.2: Especificações Técnicas de Alguns Produtos da Philips e PictureTel.

Produtos / Especificações Técnicas		MatchView 235	MatchView 430	PictureTel 550 TM	PictureTel Concorde 4500 Incluindo Sistema 4000ZX
<u>Tipo de Sala</u>				Sala para uma pessoa (computador pessoal)	
<u>Características</u>		Câmera de Documentos e VCR 1 Microfone Digital 2 Portas de Dados RS-232	Câmera de Documentos e VCR 1 Microfone Digital 3 Portas de Dados RS-232	<p>Suporta <i>Microsoft Windows</i> NT 4.0, 98 SE, 2000 <i>Professional</i> ou <i>Millennium</i> Suporta POTS Requer <i>Pentium</i> II 400 MHz ou superior, com 128 MB RAM, 50 MB de HD livre 1 Microfone</p>	<p>Câmera de Documentos e VCR 1 Microfone Digital 2 Portas de Controle RS-232C (Controle A: 1.2 Kbps assíncrono e Controle B: 300 a 19.2 Kbps assíncrono) Portas de Dados: A e B: RS-232C (300 a 38.4 Kbps assíncrono) e H.320 (300 a 19.2 bps síncrono) C e D: RS-232C ou RS-449 (300 a 38.4 Kbps assíncrono), SG3 (300 a 64 Kbps assíncrono) e V.35 (300 a 38.4 Kbps assíncrono)</p>
<u>Padrões</u>	Algoritmos Suportados	ITU-T H.320	ITU-T H.320 (px64)	ITU-T H.320 (px64) e H.323	ITU-T H.320 (px64), Padrões Proprietários: SG3, SG4, PT724, PT716+

Produtos / Especificações Técnicas		MatchView 235	MatchView 430	PictureTel 550™	PictureTel Concorde 4500 Incluindo Sistema 4000ZX
	Vídeo	H.261 e H.263	H.261, Anexo D (emissão/recepção) H.263	H.261 e H.263	H.261 e H.263
	Comunicação			H.323 Versão 2 Anexo C (ATM)	H.221
	Áudio	G.728, G.722, G.711	G.728, G.722, G.711	G.728, G.722, G.711, G.723, PT716+ (H.320)	G.728, G.722, G.711, PT724, PT716+
	Outros	H.281 e H.243	H.281 e H.243	H.281 (somente H.320)	H.243
	Quantidade suportada		2		2
<u>Monitor</u>					
		NTSC	NTSC	NTSC ou PAL	NTSC ou PAL
<u>Resolução de Vídeo</u>		FCIF (352X288 pixels) QCIF (176X144 pixels)	FCIF (352X288 pixels) QCIF (176X144 pixels)	FCIF (352X288 pixels) QCIF (176X144 pixels)	SG3, SG4 (256X240 pixels) FCIF (352X288 pixels) QCIF (176X144 pixels)
<u>Resolução de Gráficos</u>					SG3, SG4, H.320 com 30 qps: 512X480 pixels H.320 com 15 qps: 352X288 pixels Anexo D
<u>Taxa de Quadros</u>		15 qps (FCIF) 30 qps (QCIF)	30 qps	Até 30 qps (FCIF) 30 qps (QCIF)	30 qps
<u>Capacidade para Multiponto</u>					4 locais

Produtos / Especificações Técnicas		MatchView 235	MatchView 430	PictureTel 550™	PictureTel Concorde 4500 Incluindo Sistema 4000ZX
<u>Desempenho de Áudio</u>	G.722	De 300 Hz a 7,0 KHz	De 300 Hz a 7,0 KHz	64 Kbps	De 50 Hz a 7,0 KHz
	G.728	De 300 Hz a 3,4 KHz	De 300 Hz a 3,4 KHz	16 Kbps	De 300 Hz a 3,4 KHz
	G.711	De 300 Hz a 3,4 KHz	De 300 Hz a 3,4 KHz	64 Kbps	De 300 Hz a 3,4 KHz
	G.723			5,3, 6,2 Kbps	
	PT716+ (H.320)			16, 24, 32 Kbps	De 50 Hz a 7,0 KHz
<u>Velocidade de Transmissão</u>	SG3				De 50 Hz a 7,0 KHz
	SG4				De 50 Hz a 7,0 KHz
	PT724				De 50 Hz a 7,0 KHz
	H.320	56 - 128 Kbps	56 - 384 Kbps	56 - 384 Kbps	56 - 768 Kbps
<u>Interface de Rede</u>	H.323			56 - 768 Kbps	
		RDSI BRI (1B ou 2B)	3 x RDSI BRI (6B)	RDSI BRI <i>Ethernet/LAN/WAN</i>	V.35, RS-449, conexão direta ou discagem RS-366 <i>Ethernet/LAN</i>

ANEXO 2

TABELAS COM OS EXPERIMENTOS DOS CENÁRIOS CRIADOS

Os resultados do modelo de desempenho construído para os cenários 1, 2 e 3 estão descritos nas Tabelas A.3, A.4, A.5, A.6 e A.7. Para isolar erros experimentais, no cenário 1 foram realizadas somente cinco replicações para cada experimento e nos cenários 2 e 3 foram realizadas dez replicações para cada experimento no horário normal e no horário de pico. Como a fórmula da distribuição triangular requer a geração de números aleatórios, para cada replicação os números gerados foram:

- Replicação 1: 0,85555
- Replicação 2: 0,42011
- Replicação 3: 0,55555
- Replicação 4: 0,25866
- Replicação 5: 0,46666
- Replicação 6: 0,03418
- Replicação 7: 0,17899
- Replicação 8: 0,52347
- Replicação 9: 0,20765
- Replicação 10: 0,05305

TABELA A.3: Experimentos do Cenário 1.

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
SQCIF e RGB	16 Kbps	1	0,360	1,014	2,087	4,778
SQCIF e RGB	16 Kbps	2	0,306	0,789	1,702	3,116
SQCIF e RGB	16 Kbps	3	0,321	0,847	1,798	3,529
SQCIF e RGB	16 Kbps	4	0,284	0,708	1,598	2,683
SQCIF e RGB	16 Kbps	5	0,311	0,809	1,734	3,252
SQCIF e RGB	64 Kbps	1	0,312	0,878	1,808	4,139
SQCIF e RGB	64 Kbps	2	0,265	0,684	1,475	2,700
SQCIF e RGB	64 Kbps	3	0,278	0,734	1,557	3,057
SQCIF e RGB	64 Kbps	4	0,246	0,613	1,384	2,324
SQCIF e RGB	64 Kbps	5	0,270	0,701	1,502	2,817
QCIF e RGB	16 Kbps	1	0,179	0,505	1,039	2,379
QCIF e RGB	16 Kbps	2	0,152	0,393	0,848	1,552
QCIF e RGB	16 Kbps	3	0,160	0,422	0,895	1,758
QCIF e RGB	16 Kbps	4	0,142	0,353	0,796	1,336
QCIF e RGB	16 Kbps	5	0,155	0,403	0,863	1,620
QCIF e RGB	64 Kbps	1	0,166	0,469	0,965	2,210
QCIF e RGB	64 Kbps	2	0,141	0,365	0,787	1,441
QCIF e RGB	64 Kbps	3	0,148	0,392	0,831	1,632

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
QCIF e RGB	64 Kbps	4	0,132	0,327	0,739	1,241
QCIF e RGB	64 Kbps	5	0,144	0,374	0,802	1,504
CIF e RGB	16 Kbps	1	0,046	0,129	0,265	0,607
CIF e RGB	16 Kbps	2	0,039	0,100	0,216	0,396
CIF e RGB	16 Kbps	3	0,041	0,108	0,228	0,448
CIF e RGB	16 Kbps	4	0,036	0,090	0,203	0,341
CIF e RGB	16 Kbps	5	0,040	0,103	0,220	0,413
CIF e RGB	64 Kbps	1	0,045	0,126	0,260	0,595
CIF e RGB	64 Kbps	2	0,038	0,098	0,212	0,388
CIF e RGB	64 Kbps	3	0,040	0,105	0,224	0,439
CIF e RGB	64 Kbps	4	0,035	0,088	0,199	0,334
CIF e RGB	64 Kbps	5	0,039	0,101	0,216	0,405
4CIF e RGB	16 Kbps	1	0,011	0,032	0,067	0,152
4CIF e RGB	16 Kbps	2	0,010	0,025	0,054	0,099
4CIF e RGB	16 Kbps	3	0,010	0,027	0,057	0,113
4CIF e RGB	16 Kbps	4	0,009	0,023	0,051	0,086
4CIF e RGB	16 Kbps	5	0,010	0,026	0,055	0,104
4CIF e RGB	64 Kbps	1	0,011	0,032	0,066	0,152
4CIF e RGB	64 Kbps	2	0,010	0,025	0,054	0,099
4CIF e RGB	64 Kbps	3	0,010	0,027	0,057	0,112
4CIF e RGB	64 Kbps	4	0,009	0,022	0,051	0,085
4CIF e RGB	64 Kbps	5	0,010	0,026	0,055	0,103
16CIF e RGB	16 Kbps	1	0,003	0,008	0,017	0,038
16CIF e RGB	16 Kbps	2	0,002	0,006	0,014	0,025
16CIF e RGB	16 Kbps	3	0,003	0,007	0,014	0,028
16CIF e RGB	16 Kbps	4	0,002	0,006	0,013	0,021
16CIF e RGB	16 Kbps	5	0,002	0,006	0,014	0,026
16CIF e RGB	64 Kbps	1	0,003	0,008	0,017	0,038
16CIF e RGB	64 Kbps	2	0,002	0,006	0,014	0,025
16CIF e RGB	64 Kbps	3	0,003	0,007	0,014	0,028
16CIF e RGB	64 Kbps	4	0,002	0,006	0,013	0,021
16CIF e RGB	64 Kbps	5	0,002	0,006	0,014	0,026

TABELA A.4: Experimentos do Cenário 2 - Horário Normal.

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
SQCIF e RGB	16 Kbps	1	0,369	1,107	2,213	5,763
SQCIF e RGB	16 Kbps	2	0,317	0,952	1,905	4,961
SQCIF e RGB	16 Kbps	3	0,334	1,003	2,005	5,222
SQCIF e RGB	16 Kbps	4	0,293	0,880	1,761	4,585
SQCIF e RGB	16 Kbps	5	0,323	0,970	1,941	5,055
SQCIF e RGB	16 Kbps	6	0,238	0,713	1,426	3,714
SQCIF e RGB	16 Kbps	7	0,279	0,836	1,672	4,355

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
SQCIF e RGB	16 Kbps	8	0,330	0,991	1,983	5,163
SQCIF e RGB	16 Kbps	9	0,284	0,853	1,706	4,443
SQCIF e RGB	16 Kbps	10	0,246	0,737	1,473	3,836
SQCIF e RGB	64 Kbps	1	0,320	0,959	1,917	4,992
SQCIF e RGB	64 Kbps	2	0,275	0,825	1,650	4,297
SQCIF e RGB	64 Kbps	3	0,290	0,869	1,737	4,524
SQCIF e RGB	64 Kbps	4	0,254	0,763	1,525	3,972
SQCIF e RGB	64 Kbps	5	0,280	0,841	1,681	4,379
SQCIF e RGB	64 Kbps	6	0,206	0,618	1,235	3,217
SQCIF e RGB	64 Kbps	7	0,241	0,724	1,449	3,772
SQCIF e RGB	64 Kbps	8	0,286	0,859	1,718	4,473
SQCIF e RGB	64 Kbps	9	0,246	0,739	1,478	3,848
SQCIF e RGB	64 Kbps	10	0,213	0,638	1,276	3,323
QCIF e RGB	16 Kbps	1	0,184	0,551	1,102	2,870
QCIF e RGB	16 Kbps	2	0,158	0,474	0,949	2,471
QCIF e RGB	16 Kbps	3	0,166	0,499	0,999	2,601
QCIF e RGB	16 Kbps	4	0,146	0,438	0,877	2,284
QCIF e RGB	16 Kbps	5	0,161	0,483	0,967	2,517
QCIF e RGB	16 Kbps	6	0,118	0,355	0,710	1,850
QCIF e RGB	16 Kbps	7	0,139	0,416	0,833	2,169
QCIF e RGB	16 Kbps	8	0,165	0,494	0,987	2,572
QCIF e RGB	16 Kbps	9	0,142	0,425	0,850	2,213
QCIF e RGB	16 Kbps	10	0,122	0,367	0,734	1,911
QCIF e RGB	64 Kbps	1	0,171	0,512	1,024	2,665
QCIF e RGB	64 Kbps	2	0,147	0,440	0,881	2,294
QCIF e RGB	64 Kbps	3	0,155	0,464	0,927	2,415
QCIF e RGB	64 Kbps	4	0,136	0,407	0,814	2,120
QCIF e RGB	64 Kbps	5	0,150	0,449	0,898	2,338
QCIF e RGB	64 Kbps	6	0,110	0,330	0,660	1,718
QCIF e RGB	64 Kbps	7	0,129	0,387	0,773	2,014
QCIF e RGB	64 Kbps	8	0,153	0,458	0,917	2,388
QCIF e RGB	64 Kbps	9	0,131	0,394	0,789	2,055
QCIF e RGB	64 Kbps	10	0,114	0,341	0,681	1,774
CIF e RGB	16 Kbps	1	0,047	0,140	0,281	0,732
CIF e RGB	16 Kbps	2	0,040	0,121	0,242	0,630
CIF e RGB	16 Kbps	3	0,042	0,127	0,255	0,663
CIF e RGB	16 Kbps	4	0,037	0,112	0,224	0,582
CIF e RGB	16 Kbps	5	0,041	0,123	0,246	0,642
CIF e RGB	16 Kbps	6	0,030	0,091	0,181	0,471
CIF e RGB	16 Kbps	7	0,035	0,106	0,212	0,553
CIF e RGB	16 Kbps	8	0,042	0,126	0,252	0,655
CIF e RGB	16 Kbps	9	0,036	0,108	0,217	0,564
CIF e RGB	16 Kbps	10	0,031	0,094	0,187	0,487
CIF e RGB	64 Kbps	1	0,046	0,138	0,276	0,718

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
CIF e RGB	64 Kbps	2	0,040	0,119	0,237	0,618
CIF e RGB	64 Kbps	3	0,042	0,125	0,250	0,650
CIF e RGB	64 Kbps	4	0,037	0,110	0,219	0,571
CIF e RGB	64 Kbps	5	0,040	0,121	0,242	0,629
CIF e RGB	64 Kbps	6	0,030	0,089	0,178	0,462
CIF e RGB	64 Kbps	7	0,035	0,104	0,208	0,542
CIF e RGB	64 Kbps	8	0,041	0,123	0,247	0,643
CIF e RGB	64 Kbps	9	0,035	0,106	0,212	0,553
CIF e RGB	64 Kbps	10	0,031	0,092	0,183	0,478
4CIF e RGB	16 Kbps	1	0,012	0,035	0,071	0,184
4CIF e RGB	16 Kbps	2	0,010	0,030	0,061	0,158
4CIF e RGB	16 Kbps	3	0,011	0,032	0,064	0,167
4CIF e RGB	16 Kbps	4	0,009	0,028	0,056	0,146
4CIF e RGB	16 Kbps	5	0,010	0,031	0,062	0,161
4CIF e RGB	16 Kbps	6	0,008	0,023	0,045	0,118
4CIF e RGB	16 Kbps	7	0,009	0,027	0,053	0,139
4CIF e RGB	16 Kbps	8	0,011	0,032	0,063	0,165
4CIF e RGB	16 Kbps	9	0,009	0,027	0,054	0,142
4CIF e RGB	16 Kbps	10	0,008	0,023	0,047	0,122
4CIF e RGB	64 Kbps	1	0,012	0,035	0,070	0,183
4CIF e RGB	64 Kbps	2	0,010	0,030	0,060	0,157
4CIF e RGB	64 Kbps	3	0,011	0,032	0,064	0,166
4CIF e RGB	64 Kbps	4	0,009	0,028	0,056	0,146
4CIF e RGB	64 Kbps	5	0,010	0,031	0,062	0,160
4CIF e RGB	64 Kbps	6	0,008	0,023	0,045	0,118
4CIF e RGB	64 Kbps	7	0,009	0,027	0,053	0,138
4CIF e RGB	64 Kbps	8	0,010	0,031	0,063	0,164
4CIF e RGB	64 Kbps	9	0,009	0,027	0,054	0,141
4CIF e RGB	64 Kbps	10	0,008	0,023	0,047	0,122
16CIF e RGB	16 Kbps	1	0,003	0,009	0,018	0,046
16CIF e RGB	16 Kbps	2	0,003	0,008	0,015	0,040
16CIF e RGB	16 Kbps	3	0,003	0,008	0,016	0,042
16CIF e RGB	16 Kbps	4	0,002	0,007	0,014	0,037
16CIF e RGB	16 Kbps	5	0,003	0,008	0,015	0,040
16CIF e RGB	16 Kbps	6	0,002	0,006	0,011	0,030
16CIF e RGB	16 Kbps	7	0,002	0,007	0,013	0,035
16CIF e RGB	16 Kbps	8	0,003	0,008	0,016	0,041
16CIF e RGB	16 Kbps	9	0,002	0,007	0,014	0,035
16CIF e RGB	16 Kbps	10	0,002	0,006	0,012	0,031
16CIF e RGB	64 Kbps	1	0,003	0,009	0,018	0,046
16CIF e RGB	64 Kbps	2	0,003	0,008	0,015	0,040
16CIF e RGB	64 Kbps	3	0,003	0,008	0,016	0,042
16CIF e RGB	64 Kbps	4	0,002	0,007	0,014	0,037
16CIF e RGB	64 Kbps	5	0,003	0,008	0,015	0,040

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
16CIF e RGB	64 Kbps	6	0,002	0,006	0,011	0,030
16CIF e RGB	64 Kbps	7	0,002	0,007	0,013	0,035
16CIF e RGB	64 Kbps	8	0,003	0,008	0,016	0,041
16CIF e RGB	64 Kbps	9	0,002	0,007	0,014	0,035
16CIF e RGB	64 Kbps	10	0,002	0,006	0,012	0,031

TABELA A.5: Experimentos do Cenário 2 - Horário de Pico.

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
SQCIF e RGB	16 Kbps	1	0,346	1,039	2,077	5,410
SQCIF e RGB	16 Kbps	2	0,281	0,842	1,683	4,383
SQCIF e RGB	16 Kbps	3	0,297	0,891	1,781	4,639
SQCIF e RGB	16 Kbps	4	0,263	0,790	1,579	4,112
SQCIF e RGB	16 Kbps	5	0,286	0,858	1,716	4,467
SQCIF e RGB	16 Kbps	6	0,227	0,680	1,360	3,542
SQCIF e RGB	16 Kbps	7	0,254	0,761	1,521	3,962
SQCIF e RGB	16 Kbps	8	0,293	0,878	1,757	4,575
SQCIF e RGB	16 Kbps	9	0,257	0,772	1,543	4,019
SQCIF e RGB	16 Kbps	10	0,232	0,695	1,391	3,622
SQCIF e RGB	64 Kbps	1	0,300	0,900	1,800	4,686
SQCIF e RGB	64 Kbps	2	0,243	0,729	1,458	3,797
SQCIF e RGB	64 Kbps	3	0,257	0,772	1,543	4,018
SQCIF e RGB	64 Kbps	4	0,228	0,684	1,368	3,562
SQCIF e RGB	64 Kbps	5	0,248	0,743	1,486	3,870
SQCIF e RGB	64 Kbps	6	0,196	0,589	1,178	3,068
SQCIF e RGB	64 Kbps	7	0,220	0,659	1,318	3,432
SQCIF e RGB	64 Kbps	8	0,254	0,761	1,522	3,963
SQCIF e RGB	64 Kbps	9	0,223	0,668	1,337	3,482
SQCIF e RGB	64 Kbps	10	0,201	0,602	1,205	3,138
QCIF e RGB	16 Kbps	1	0,172	0,517	1,035	2,694
QCIF e RGB	16 Kbps	2	0,140	0,419	0,838	2,183
QCIF e RGB	16 Kbps	3	0,148	0,444	0,887	2,310
QCIF e RGB	16 Kbps	4	0,131	0,393	0,786	2,048
QCIF e RGB	16 Kbps	5	0,142	0,427	0,854	2,225
QCIF e RGB	16 Kbps	6	0,113	0,339	0,677	1,764
QCIF e RGB	16 Kbps	7	0,126	0,379	0,758	1,973
QCIF e RGB	16 Kbps	8	0,146	0,437	0,875	2,279
QCIF e RGB	16 Kbps	9	0,128	0,384	0,769	2,002
QCIF e RGB	16 Kbps	10	0,115	0,346	0,693	1,804
QCIF e RGB	64 Kbps	1	0,160	0,480	0,961	2,502
QCIF e RGB	64 Kbps	2	0,130	0,389	0,778	2,027
QCIF e RGB	64 Kbps	3	0,137	0,412	0,824	2,145
QCIF e RGB	64 Kbps	4	0,122	0,365	0,730	1,902

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
QCIF e RGB	64 Kbps	5	0,132	0,397	0,793	2,066
QCIF e RGB	64 Kbps	6	0,105	0,315	0,629	1,638
QCIF e RGB	64 Kbps	7	0,117	0,352	0,704	1,832
QCIF e RGB	64 Kbps	8	0,135	0,406	0,813	2,116
QCIF e RGB	64 Kbps	9	0,119	0,357	0,714	1,859
QCIF e RGB	64 Kbps	10	0,107	0,322	0,643	1,675
CIF e RGB	16 Kbps	1	0,044	0,132	0,264	0,687
CIF e RGB	16 Kbps	2	0,036	0,107	0,214	0,556
CIF e RGB	16 Kbps	3	0,038	0,113	0,226	0,589
CIF e RGB	16 Kbps	4	0,033	0,100	0,200	0,522
CIF e RGB	16 Kbps	5	0,036	0,109	0,218	0,567
CIF e RGB	16 Kbps	6	0,029	0,086	0,173	0,450
CIF e RGB	16 Kbps	7	0,032	0,097	0,193	0,503
CIF e RGB	16 Kbps	8	0,037	0,112	0,223	0,581
CIF e RGB	16 Kbps	9	0,033	0,098	0,196	0,510
CIF e RGB	16 Kbps	10	0,029	0,088	0,177	0,460
CIF e RGB	64 Kbps	1	0,043	0,129	0,259	0,674
CIF e RGB	64 Kbps	2	0,035	0,105	0,210	0,546
CIF e RGB	64 Kbps	3	0,037	0,111	0,222	0,578
CIF e RGB	64 Kbps	4	0,033	0,098	0,197	0,512
CIF e RGB	64 Kbps	5	0,036	0,107	0,214	0,556
CIF e RGB	64 Kbps	6	0,028	0,085	0,169	0,441
CIF e RGB	64 Kbps	7	0,032	0,095	0,189	0,493
CIF e RGB	64 Kbps	8	0,036	0,109	0,219	0,570
CIF e RGB	64 Kbps	9	0,032	0,096	0,192	0,500
CIF e RGB	64 Kbps	10	0,029	0,087	0,173	0,451
4CIF e RGB	16 Kbps	1	0,011	0,033	0,066	0,173
4CIF e RGB	16 Kbps	2	0,009	0,027	0,054	0,140
4CIF e RGB	16 Kbps	3	0,009	0,028	0,057	0,148
4CIF e RGB	16 Kbps	4	0,008	0,025	0,050	0,131
4CIF e RGB	16 Kbps	5	0,009	0,027	0,055	0,142
4CIF e RGB	16 Kbps	6	0,007	0,022	0,043	0,113
4CIF e RGB	16 Kbps	7	0,008	0,024	0,049	0,126
4CIF e RGB	16 Kbps	8	0,009	0,028	0,056	0,146
4CIF e RGB	16 Kbps	9	0,008	0,025	0,049	0,128
4CIF e RGB	16 Kbps	10	0,007	0,022	0,044	0,116
4CIF e RGB	64 Kbps	1	0,011	0,033	0,066	0,172
4CIF e RGB	64 Kbps	2	0,009	0,027	0,053	0,139
4CIF e RGB	64 Kbps	3	0,009	0,028	0,057	0,147
4CIF e RGB	64 Kbps	4	0,008	0,025	0,050	0,131
4CIF e RGB	64 Kbps	5	0,009	0,027	0,054	0,142
4CIF e RGB	64 Kbps	6	0,007	0,022	0,043	0,112
4CIF e RGB	64 Kbps	7	0,008	0,024	0,048	0,126
4CIF e RGB	64 Kbps	8	0,009	0,028	0,056	0,145

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
4CIF e RGB	64 Kbps	9	0,008	0,024	0,049	0,128
4CIF e RGB	64 Kbps	10	0,007	0,022	0,044	0,115
16CIF e RGB	16 Kbps	1	0,003	0,008	0,017	0,043
16CIF e RGB	16 Kbps	2	0,002	0,007	0,013	0,035
16CIF e RGB	16 Kbps	3	0,002	0,007	0,014	0,037
16CIF e RGB	16 Kbps	4	0,002	0,006	0,013	0,033
16CIF e RGB	16 Kbps	5	0,002	0,007	0,014	0,036
16CIF e RGB	16 Kbps	6	0,002	0,005	0,011	0,028
16CIF e RGB	16 Kbps	7	0,002	0,006	0,012	0,032
16CIF e RGB	16 Kbps	8	0,002	0,007	0,014	0,037
16CIF e RGB	16 Kbps	9	0,002	0,006	0,012	0,032
16CIF e RGB	16 Kbps	10	0,002	0,006	0,011	0,029
16CIF e RGB	64 Kbps	1	0,003	0,008	0,017	0,043
16CIF e RGB	64 Kbps	2	0,002	0,007	0,013	0,035
16CIF e RGB	64 Kbps	3	0,002	0,007	0,014	0,037
16CIF e RGB	64 Kbps	4	0,002	0,006	0,013	0,033
16CIF e RGB	64 Kbps	5	0,002	0,007	0,014	0,036
16CIF e RGB	64 Kbps	6	0,002	0,005	0,011	0,028
16CIF e RGB	64 Kbps	7	0,002	0,006	0,012	0,032
16CIF e RGB	64 Kbps	8	0,002	0,007	0,014	0,036
16CIF e RGB	64 Kbps	9	0,002	0,006	0,012	0,032
16CIF e RGB	64 Kbps	10	0,002	0,006	0,011	0,029

TABELA A.6: Experimentos do Cenário 3 - Horário Normal.

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
SQCIF e RGB	16 Kbps	1	0,369	1,087	2,213	5,690
SQCIF e RGB	16 Kbps	2	0,317	0,882	1,905	4,704
SQCIF e RGB	16 Kbps	3	0,334	0,952	2,005	5,039
SQCIF e RGB	16 Kbps	4	0,293	0,780	1,761	4,223
SQCIF e RGB	16 Kbps	5	0,323	0,907	1,941	4,825
SQCIF e RGB	16 Kbps	6	0,238	0,546	1,426	3,107
SQCIF e RGB	16 Kbps	7	0,279	0,718	1,672	3,928
SQCIF e RGB	16 Kbps	8	0,330	0,936	1,983	4,964
SQCIF e RGB	16 Kbps	9	0,284	0,742	1,706	4,041
SQCIF e RGB	16 Kbps	10	0,246	0,579	1,473	3,264
SQCIF e RGB	64 Kbps	1	0,320	0,941	1,917	4,929
SQCIF e RGB	64 Kbps	2	0,275	0,764	1,650	4,075
SQCIF e RGB	64 Kbps	3	0,290	0,825	1,737	4,365
SQCIF e RGB	64 Kbps	4	0,254	0,676	1,525	3,658
SQCIF e RGB	64 Kbps	5	0,280	0,786	1,681	4,179
SQCIF e RGB	64 Kbps	6	0,206	0,473	1,235	2,692
SQCIF e RGB	64 Kbps	7	0,241	0,622	1,449	3,403

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
SQCIF e RGB	64 Kbps	8	0,286	0,811	1,718	4,300
SQCIF e RGB	64 Kbps	9	0,246	0,643	1,478	3,500
SQCIF e RGB	64 Kbps	10	0,213	0,501	1,276	2,827
QCIF e RGB	16 Kbps	1	0,184	0,541	1,102	2,834
QCIF e RGB	16 Kbps	2	0,158	0,439	0,949	2,343
QCIF e RGB	16 Kbps	3	0,166	0,474	0,999	2,510
QCIF e RGB	16 Kbps	4	0,146	0,389	0,877	2,103
QCIF e RGB	16 Kbps	5	0,161	0,452	0,967	2,403
QCIF e RGB	16 Kbps	6	0,118	0,272	0,710	1,548
QCIF e RGB	16 Kbps	7	0,139	0,358	0,833	1,956
QCIF e RGB	16 Kbps	8	0,165	0,466	0,987	2,472
QCIF e RGB	16 Kbps	9	0,142	0,370	0,850	2,012
QCIF e RGB	16 Kbps	10	0,122	0,288	0,734	1,626
QCIF e RGB	64 Kbps	1	0,171	0,503	1,024	2,631
QCIF e RGB	64 Kbps	2	0,147	0,408	0,881	2,176
QCIF e RGB	64 Kbps	3	0,155	0,440	0,927	2,330
QCIF e RGB	64 Kbps	4	0,136	0,361	0,814	1,953
QCIF e RGB	64 Kbps	5	0,150	0,419	0,898	2,231
QCIF e RGB	64 Kbps	6	0,110	0,252	0,660	1,437
QCIF e RGB	64 Kbps	7	0,129	0,332	0,773	1,817
QCIF e RGB	64 Kbps	8	0,153	0,433	0,917	2,296
QCIF e RGB	64 Kbps	9	0,131	0,343	0,789	1,869
QCIF e RGB	64 Kbps	10	0,114	0,268	0,681	1,510
CIF e RGB	16 Kbps	1	0,047	0,138	0,281	0,722
CIF e RGB	16 Kbps	2	0,040	0,112	0,242	0,597
CIF e RGB	16 Kbps	3	0,042	0,121	0,255	0,640
CIF e RGB	16 Kbps	4	0,037	0,099	0,224	0,536
CIF e RGB	16 Kbps	5	0,041	0,115	0,246	0,612
CIF e RGB	16 Kbps	6	0,030	0,069	0,181	0,394
CIF e RGB	16 Kbps	7	0,035	0,091	0,212	0,499
CIF e RGB	16 Kbps	8	0,042	0,119	0,252	0,630
CIF e RGB	16 Kbps	9	0,036	0,094	0,217	0,513
CIF e RGB	16 Kbps	10	0,031	0,073	0,187	0,414
CIF e RGB	64 Kbps	1	0,046	0,135	0,276	0,708
CIF e RGB	64 Kbps	2	0,040	0,110	0,237	0,586
CIF e RGB	64 Kbps	3	0,042	0,119	0,250	0,627
CIF e RGB	64 Kbps	4	0,037	0,097	0,219	0,526
CIF e RGB	64 Kbps	5	0,040	0,113	0,242	0,601
CIF e RGB	64 Kbps	6	0,030	0,068	0,178	0,387
CIF e RGB	64 Kbps	7	0,035	0,089	0,208	0,489
CIF e RGB	64 Kbps	8	0,041	0,117	0,247	0,618
CIF e RGB	64 Kbps	9	0,035	0,092	0,212	0,503
CIF e RGB	64 Kbps	10	0,031	0,072	0,183	0,406
4CIF e RGB	16 Kbps	1	0,012	0,035	0,071	0,181

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
4CIF e RGB	16 Kbps	2	0,010	0,028	0,061	0,150
4CIF e RGB	16 Kbps	3	0,011	0,030	0,064	0,161
4CIF e RGB	16 Kbps	4	0,009	0,025	0,056	0,135
4CIF e RGB	16 Kbps	5	0,010	0,029	0,062	0,154
4CIF e RGB	16 Kbps	6	0,008	0,017	0,045	0,099
4CIF e RGB	16 Kbps	7	0,009	0,023	0,053	0,125
4CIF e RGB	16 Kbps	8	0,011	0,030	0,063	0,158
4CIF e RGB	16 Kbps	9	0,009	0,024	0,054	0,129
4CIF e RGB	16 Kbps	10	0,008	0,018	0,047	0,104
4CIF e RGB	64 Kbps	1	0,012	0,034	0,070	0,181
4CIF e RGB	64 Kbps	2	0,010	0,028	0,060	0,149
4CIF e RGB	64 Kbps	3	0,011	0,030	0,064	0,160
4CIF e RGB	64 Kbps	4	0,009	0,025	0,056	0,134
4CIF e RGB	64 Kbps	5	0,010	0,029	0,062	0,153
4CIF e RGB	64 Kbps	6	0,008	0,017	0,045	0,099
4CIF e RGB	64 Kbps	7	0,009	0,023	0,053	0,125
4CIF e RGB	64 Kbps	8	0,010	0,030	0,063	0,158
4CIF e RGB	64 Kbps	9	0,009	0,024	0,054	0,128
4CIF e RGB	64 Kbps	10	0,008	0,018	0,047	0,104
16CIF e RGB	16 Kbps	1	0,003	0,009	0,018	0,045
16CIF e RGB	16 Kbps	2	0,003	0,007	0,015	0,038
16CIF e RGB	16 Kbps	3	0,003	0,008	0,016	0,040
16CIF e RGB	16 Kbps	4	0,002	0,006	0,014	0,034
16CIF e RGB	16 Kbps	5	0,003	0,007	0,015	0,039
16CIF e RGB	16 Kbps	6	0,002	0,004	0,011	0,025
16CIF e RGB	16 Kbps	7	0,002	0,006	0,013	0,031
16CIF e RGB	16 Kbps	8	0,003	0,007	0,016	0,040
16CIF e RGB	16 Kbps	9	0,002	0,006	0,014	0,032
16CIF e RGB	16 Kbps	10	0,002	0,005	0,012	0,026
16CIF e RGB	64 Kbps	1	0,003	0,009	0,018	0,045
16CIF e RGB	64 Kbps	2	0,003	0,007	0,015	0,038
16CIF e RGB	64 Kbps	3	0,003	0,008	0,016	0,040
16CIF e RGB	64 Kbps	4	0,002	0,006	0,014	0,034
16CIF e RGB	64 Kbps	5	0,003	0,007	0,015	0,038
16CIF e RGB	64 Kbps	6	0,002	0,004	0,011	0,025
16CIF e RGB	64 Kbps	7	0,002	0,006	0,013	0,031
16CIF e RGB	64 Kbps	8	0,003	0,007	0,016	0,040
16CIF e RGB	64 Kbps	9	0,002	0,006	0,014	0,032
16CIF e RGB	64 Kbps	10	0,002	0,005	0,012	0,026

TABELA A.7: Experimentos do Cenário 3 - Horário de Pico.

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
SQCIF e RGB	16 Kbps	1	0,346	1,008	2,077	5,297
SQCIF e RGB	16 Kbps	2	0,281	0,780	1,683	4,158
SQCIF e RGB	16 Kbps	3	0,297	0,837	1,781	4,441
SQCIF e RGB	16 Kbps	4	0,263	0,700	1,579	3,794
SQCIF e RGB	16 Kbps	5	0,286	0,799	1,716	4,251
SQCIF e RGB	16 Kbps	6	0,227	0,517	1,360	2,952
SQCIF e RGB	16 Kbps	7	0,254	0,652	1,521	3,572
SQCIF e RGB	16 Kbps	8	0,293	0,823	1,757	4,371
SQCIF e RGB	16 Kbps	9	0,257	0,670	1,543	3,657
SQCIF e RGB	16 Kbps	10	0,232	0,542	1,391	3,070
SQCIF e RGB	64 Kbps	1	0,300	0,873	1,800	4,589
SQCIF e RGB	64 Kbps	2	0,243	0,675	1,458	3,602
SQCIF e RGB	64 Kbps	3	0,257	0,725	1,543	3,847
SQCIF e RGB	64 Kbps	4	0,228	0,607	1,368	3,287
SQCIF e RGB	64 Kbps	5	0,248	0,692	1,486	3,683
SQCIF e RGB	64 Kbps	6	0,196	0,448	1,178	2,557
SQCIF e RGB	64 Kbps	7	0,220	0,565	1,318	3,094
SQCIF e RGB	64 Kbps	8	0,254	0,713	1,522	3,786
SQCIF e RGB	64 Kbps	9	0,223	0,581	1,337	3,168
SQCIF e RGB	64 Kbps	10	0,201	0,470	1,205	2,659
QCIF e RGB	16 Kbps	1	0,172	0,502	1,035	2,638
QCIF e RGB	16 Kbps	2	0,140	0,388	0,838	2,071
QCIF e RGB	16 Kbps	3	0,148	0,417	0,887	2,212
QCIF e RGB	16 Kbps	4	0,131	0,349	0,786	1,890
QCIF e RGB	16 Kbps	5	0,142	0,398	0,854	2,117
QCIF e RGB	16 Kbps	6	0,113	0,257	0,677	1,470
QCIF e RGB	16 Kbps	7	0,126	0,325	0,758	1,779
QCIF e RGB	16 Kbps	8	0,146	0,410	0,875	2,177
QCIF e RGB	16 Kbps	9	0,128	0,334	0,769	1,821
QCIF e RGB	16 Kbps	10	0,115	0,270	0,693	1,529
QCIF e RGB	64 Kbps	1	0,160	0,466	0,961	2,450
QCIF e RGB	64 Kbps	2	0,130	0,361	0,778	1,923
QCIF e RGB	64 Kbps	3	0,137	0,387	0,824	2,054
QCIF e RGB	64 Kbps	4	0,122	0,324	0,730	1,755
QCIF e RGB	64 Kbps	5	0,132	0,370	0,793	1,966
QCIF e RGB	64 Kbps	6	0,105	0,239	0,629	1,365
QCIF e RGB	64 Kbps	7	0,117	0,301	0,704	1,652
QCIF e RGB	64 Kbps	8	0,135	0,381	0,813	2,021
QCIF e RGB	64 Kbps	9	0,119	0,310	0,714	1,691
QCIF e RGB	64 Kbps	10	0,107	0,251	0,643	1,420
CIF e RGB	16 Kbps	1	0,044	0,128	0,264	0,673
CIF e RGB	16 Kbps	2	0,036	0,099	0,214	0,528
CIF e RGB	16 Kbps	3	0,038	0,106	0,226	0,564

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
CIF e RGB	16 Kbps	4	0,033	0,089	0,200	0,482
CIF e RGB	16 Kbps	5	0,036	0,101	0,218	0,540
CIF e RGB	16 Kbps	6	0,029	0,066	0,173	0,375
CIF e RGB	16 Kbps	7	0,032	0,083	0,193	0,453
CIF e RGB	16 Kbps	8	0,037	0,105	0,223	0,555
CIF e RGB	16 Kbps	9	0,033	0,085	0,196	0,464
CIF e RGB	16 Kbps	10	0,029	0,069	0,177	0,390
CIF e RGB	64 Kbps	1	0,043	0,126	0,259	0,660
CIF e RGB	64 Kbps	2	0,035	0,097	0,210	0,518
CIF e RGB	64 Kbps	3	0,037	0,104	0,222	0,553
CIF e RGB	64 Kbps	4	0,033	0,087	0,197	0,472
CIF e RGB	64 Kbps	5	0,036	0,100	0,214	0,529
CIF e RGB	64 Kbps	6	0,028	0,064	0,169	0,368
CIF e RGB	64 Kbps	7	0,032	0,081	0,189	0,445
CIF e RGB	64 Kbps	8	0,036	0,103	0,219	0,544
CIF e RGB	64 Kbps	9	0,032	0,083	0,192	0,455
CIF e RGB	64 Kbps	10	0,029	0,068	0,173	0,382
4CIF e RGB	16 Kbps	1	0,011	0,032	0,066	0,169
4CIF e RGB	16 Kbps	2	0,009	0,025	0,054	0,133
4CIF e RGB	16 Kbps	3	0,009	0,027	0,057	0,142
4CIF e RGB	16 Kbps	4	0,008	0,022	0,050	0,121
4CIF e RGB	16 Kbps	5	0,009	0,025	0,055	0,136
4CIF e RGB	16 Kbps	6	0,007	0,016	0,043	0,094
4CIF e RGB	16 Kbps	7	0,008	0,021	0,049	0,114
4CIF e RGB	16 Kbps	8	0,009	0,026	0,056	0,139
4CIF e RGB	16 Kbps	9	0,008	0,021	0,049	0,117
4CIF e RGB	16 Kbps	10	0,007	0,017	0,044	0,098
4CIF e RGB	64 Kbps	1	0,011	0,032	0,066	0,168
4CIF e RGB	64 Kbps	2	0,009	0,025	0,053	0,132
4CIF e RGB	64 Kbps	3	0,009	0,027	0,057	0,141
4CIF e RGB	64 Kbps	4	0,008	0,022	0,050	0,120
4CIF e RGB	64 Kbps	5	0,009	0,025	0,054	0,135
4CIF e RGB	64 Kbps	6	0,007	0,016	0,043	0,094
4CIF e RGB	64 Kbps	7	0,008	0,021	0,048	0,113
4CIF e RGB	64 Kbps	8	0,009	0,026	0,056	0,139
4CIF e RGB	64 Kbps	9	0,008	0,021	0,049	0,116
4CIF e RGB	64 Kbps	10	0,007	0,017	0,044	0,097
16CIF e RGB	16 Kbps	1	0,003	0,008	0,017	0,042
16CIF e RGB	16 Kbps	2	0,002	0,006	0,013	0,033
16CIF e RGB	16 Kbps	3	0,002	0,007	0,014	0,035
16CIF e RGB	16 Kbps	4	0,002	0,006	0,013	0,030
16CIF e RGB	16 Kbps	5	0,002	0,006	0,014	0,034
16CIF e RGB	16 Kbps	6	0,002	0,004	0,011	0,024
16CIF e RGB	16 Kbps	7	0,002	0,005	0,012	0,029

Vídeo	Áudio	Repetições	Taxa de Transmissão			
			128 Kbps	384 Kbps	768 Kbps	2 Mbps
16CIF e RGB	16 Kbps	8	0,002	0,007	0,014	0,035
16CIF e RGB	16 Kbps	9	0,002	0,005	0,012	0,029
16CIF e RGB	16 Kbps	10	0,002	0,004	0,011	0,025
16CIF e RGB	64 Kbps	1	0,003	0,008	0,017	0,042
16CIF e RGB	64 Kbps	2	0,002	0,006	0,013	0,033
16CIF e RGB	64 Kbps	3	0,002	0,007	0,014	0,035
16CIF e RGB	64 Kbps	4	0,002	0,006	0,013	0,030
16CIF e RGB	64 Kbps	5	0,002	0,006	0,014	0,034
16CIF e RGB	64 Kbps	6	0,002	0,004	0,011	0,024
16CIF e RGB	64 Kbps	7	0,002	0,005	0,012	0,028
16CIF e RGB	64 Kbps	8	0,002	0,007	0,014	0,035
16CIF e RGB	64 Kbps	9	0,002	0,005	0,012	0,029
16CIF e RGB	64 Kbps	10	0,002	0,004	0,011	0,024